

ANALES DE EDAFOLOGIA Y FISILOGIA VEGETAL

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

Anal. Edaf. Tomo XVIII. Número 3. Págs. 161-240

Madrid, Marzo 1959

ANALES DE EDAFOLOGIA Y FISILOGIA VEGETAL

Publicados por el INSTITUTO DE EDAFOLOGIA Y FISILOGIA VEGETAL del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, con la colaboración de:

Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza.

Instituto de Aclimatación. Almería.

Instituto de Biología del Tabaco. Sevilla.

Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas.

Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo, del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.

Misión Biológica de Galicia. Pontevedra.

Sociedad Española de Ciencia del Suelo.

Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones.

Ejemplar..... 20 pesetas

Suscripción anual (doce números).. 160 »

Toda la correspondencia a

ANALES DE EDAFOLOGIA Y FISILOGIA VEGETAL

Serrano, 113. Madrid (España).

TOMO XVIII

NÚMERO 3

SUMARIO

	<u>Páginas</u>
Estudio fito-ecológico del Valle de Alcudia (Ciudad Real), por <i>Manuel Ocaña</i>	161.
Composición mineralógica y formación de algunos suelos en la Guinea continental española, por <i>Angel Hoyos de Castro y Luis-J. Alias Pérez</i>	185.
Estudios sobre yodo en suelos, por <i>R. Gallego y S. Oliver</i>	207

ESTUDIO FITO-ECOLÓGICO DEL VALLE DE ALCUDIA (CIUDAD REAL) (*)

por

MANUEL OCAÑA

I.—SOBRE EL ESTUDIO Y MEJORA DE LOS PASTOS MEDITERRANEOS

INTRODUCCIÓN

De la explotación adecuada de los pastos depende en gran parte la producción de alimentos de origen animal, cuyo consumo, como es de sobra conocido, representa al mismo tiempo un índice y una premisa esencial en el rendimiento de las actividades humanas, físicas e intelectuales y es base insustituible, por tanto, en todo intento de ordenación económica social.

A pesar de ser España un país eminentemente pastoral y de estar generalmente admitido que los productos ganaderos son un pilar clave en el concierto de nuestra economía, como lo demuestra el hecho de que sólo el valor de la carne es igual a la suma de las producciones de la industria eléctrica, las minas, la pesca y los montes, y que el de la lana supera a las producciones de madera, hierro y cemento reunidas (1), no podemos decir que se haya dedicado a la revalorización de nuestros pastos la atención debida. La complejidad del problema es grande, pero su solución, al menos en medida interesante en países de condiciones si-

(*) Este trabajo está dividido, para su publicación, en tres partes, que aparecerán sucesivamente; al final de la última irán las Conclusiones, Resúmenes y Bibliografía.

(1) I Cong. Nac. Gan. Nov. 1955. Madrid.

milares al nuestro, estimulan la esperanza de resultados eficaces. Nuestro trabajo está suscitado por tal mentalidad.

El *Real Valle de Alcudia*, situado en las estribaciones de Sierra Morena, al sur de la provincia de Ciudad Real, es una amplia zona de tradicional explotación ovina. Denominado «Fehs-al-bocut», *Llano de las encinas*, por los musulmanes, después de varias vicisitudes quedó en poder cristiano en tiempo de Alfonso VIII. La «climax» forestal que originó el nombre árabe fué desapareciendo por la imperiosa necesidad de combustible por parte, sobre todo, de las próximas explotaciones mineras. Y ya en el siglo XIV era uno de los más apreciados «extremos» donde concurrían desde la montaña los agitados rebaños de ovejas merinas trashumantes. Por *cañadas*, *cordeles* y *veredas* arribaba «la amplia ola del máximo recurso del país» en aquella época.

Esta multiseccular dedicación ha dado lugar al estado actual, que exige un detenido estudio para poder adecuar su explotación y al mismo tiempo distender al máximo las posibilidades de rendimiento económico venidero. Sin olvidar que las posibles orientaciones que desde el punto de vista fitológico, zootécnico y económico puedan deducirse, serán de aplicación a zonas similares.

Para que esto sea realizable y para facilitar la comparación con otros estudios similares, hemos creído conveniente hacer una exposición previa de la metodología *fitosociológica* que empleamos. Su difusión en nuestra patria es aún escasa y limitada a un reducido círculo de botánicos *profesionales*. En otros, tanto las concepciones como los métodos básicos de la *Fitosociología*, son enjuiciados con una considerable tensión emocional. Sin embargo, su utilización es un hecho evidente, como puede apreciarse en la bibliografía seleccionada al final, referida a la que pueda tener relación con el campo concreto que comentamos. Entre otras muchas, presenta este método la ventaja inicial de definir y denominar el tipo de vegetación en estudio, de forma tal que pueda saberse en todo momento y lugar de qué se está hablando.

Nosotros queremos poner un ejemplo más, que testimonie de su bondad y excite a los expertos en agronomía y zootecnia a su empleo en las aplicaciones prácticas de su competencia. A pesar de todo, hemos de admitir que en este problema la dificultad mayor no está en la adopción de un método—que todos tienen algo bueno y aprovechable—, sino en su realización, porque lo eficaz no es conocer cómo se hacen las cosas, sino hacerlas.

Además, nos ha parecido conveniente encuadrar nuestro trabajo, exponiendo la situación y orientaciones actuales del estudio y revaloriza-

ción de los pastos en la cuenca mediterránea. Justificando con todas las consideraciones apuntadas la presente publicación, pórtilo al estudio detallado de la zona donde se han realizado nuestras investigaciones.

1. EXPOSICIÓN PREVIA

Situación actual de las «zonas pastorales»

Todas las áreas cuyo interés radica fundamentalmente en el tipo de explotación a que el hombre puede someter la masa vegetal que soportan, son agrupadas en el concepto de Kuhnholz-Lordat (107), bajo las siguientes denominaciones:

Silva, terrenos cubiertos de arbolado de cualquier tipo.

Saltus, zonas de pastoreo de la vegetación espontánea.

Ager, áreas de cultivo agrario.

Estas tres divisiones son sostenidas en sus límites actuales por la acción de factores antropozoógenos de origen económico y social, al actuar sobre la distribución original condicionada por la ecología conjunta de cada zona. Como resultado de estas dos series de factores influenciadores, el espectro vegetal se distribuye sobre la superficie terrestre con un 20 por 100 ocupado por pastos y vegetación directamente aprovechable por el ganado, el 10 por 100 de zonas cultivadas, el 27 por 100 de áreas forestales y un 43 por 100 que comprende los desiertos, tundras, áreas polares y altas montañas, todos con la característica común de su esterilidad (161).

Bajo la denominación de *saltus, pasto o vegetación zootécnica*, agrupamos las formaciones vegetales que corresponden al «grassland» de la literatura sajona. Según la definición de Semple (155), el término «grass» incluye las gramíneas y especies herbáceas, principalmente leguminosas, que crecen ordinariamente formando asociación con ellas y que son usadas conjuntamente como forraje para alimentación del ganado.

De su importancia económica, aparte del gran porcentaje de la superficie terrestre por ella ocupado, son denotadoras las características que enumeramos. Sin tener en cuenta países como Islandia y el Uruguay, donde más del 90 por 100 de la superficie está ocupado por este tipo de vegetación, Nueva Zelanda y Unión Sudafricana, donde la inmensa mayoría de la producción está basada en ella, en Europa más del 50 por 100 de la alimentación del ganado proviene de los pastos.

Está científicamente demostrado que mediante los pastos puede lograrse cualquier producción pecuaria con más economía que utilizando

cualquier otro tipo de alimentación. Esta rentabilidad aumenta su índice cuando se utiliza el sistema de pastoreo.

Además, los pastos admiten mejoras de mucha más consideración que cualquier otro tipo de explotación cultural o forestal.

En Inglaterra se considera muy importantes aumentos en la producción de los cultivos que no llegan al 10 por 100, mientras que en los pastos se pueden conseguir elevaciones del 50-100 por 100, y aún del 200-400, si se utilizan abonos.

Por último, está la acción de los pastos sobre la conservación y fertilidad del suelo, debido a los siguientes factores:

- Adición de materia orgánica por los restos vegetales.

- Adición de nitrógeno por las leguminosas.

- Adición de nitrógeno por los animales.

- Conservación del suelo.

- Perfeccionamiento de su estructura.

- Economía del agua.

Situación de la zona mediterránea

Está caracterizada por la intensa explotación humana a que ha estado sometida la cubierta vegetal de toda esta región durante milenios, que en muchas zonas recorre los últimos estadios de degradación.

De Portugal al Pakistán oriental, la cuenca del Mare Nostrum está unificada por una característica climática común. La ausencia casi total de lluvias en la época del año más cálida. En toda ella el factor dominante es la aridez (2), definido por la circunstancia de que la escasez de lluvias detiene el desarrollo biológico normal de la vegetación, que tiene que acudir a procedimientos especiales para poder persistir. Los típicos veranos secos aumentan en intensidad desde el oeste al sur y el este, acentuándose notablemente en el norte de África.

La vegetación original ha sido destruida por una superexplotación secular como consecuencia del pastoreo, el cultivo, la necesidad de combustible, la construcción de casas y barcos, y por las continuas guerras de que fué escenario.

(2) De tal magnitud y ecuménico interés son las zonas áridas «sensu stricto» y su explotación, que diversas asociaciones internacionales las tienen consideradas como problemas de primera magnitud en sus actividades. Tales son la UNESCO, la FAO, la OMS, la WHO y la CSIRO en Australia.

Lógico es, puesto que el 32 por 100 de la superficie terrestre está constituido por estas zonas, incluidas las desérticas (43 por 100, de Australia; 36 por 100, de África; 29 por 100, de Asia; 14 por 100, de América; 1,25 por 100, de Europa, precisamente en el alvéolo mediterráneo).

Subsecuentemente, los cambios climáticos, la erosión, la acción del viento, el retardo o imposibilidad de regeneración, el aumento de población progresivo, han dado lugar a la creación de zonas áridas allí donde no debían existir climatológicamente.

Esto ha dado lugar a la situación actual que contemplamos. La política económica en los países mediterráneos está condicionada por la explotación típica cereales-barbecho. Por lo que respecta a las explotaciones ganaderas, la explotación tipo es la cría extensiva de ovinos, que además es especialmente recomendable como el mejor aprovechamiento de sus pastos naturales. La necesidad de aumentar los productos alimenticios, comúnmente reconocida, hace que se contrapongan estos dos ciclos económicos, puesto que no se puede ampliar la superficie cultivada sin actuar sobre los pastos.

Sin embargo, los pastos no pueden ser sometidos a una carga progresiva y, por otro lado, la mejora del ganado, es bien sabido que no puede lograrse sin una adecuada alimentación. Y el que los planes de repoblación forestal tengan feliz éxito, depende en gran manera de la reglamentación del pastoreo.

De la visión conjunta de todas estas directrices económicas, a veces marginal y no pocas abiertamente encontradas, se deduce la necesidad de un planteamiento común del problema

En principio la solución habría que encontrarla en la *determinación exacta de la «vocación» de cada zona*, teniendo en cuenta los factores de toda índole actuantes, incluida la evolución futura a largo plazo, y, evidentemente, *en el aumento del rendimiento unitario*.

A estas dos finalidades, en especial a la segunda, atiende este trabajo, de mayor interés general si se tiene en cuenta que el 36 por 100 de la superficie nacional, concretamente 17.882.000 hectáreas, son usadas en la actualidad como pasto. Por último, es necesario considerar en este aspecto que las interesantísimas y de todo punto necesarias, puestas en regadío, tienen en nuestra patria una natural y reconocida limitación. Las máximas posibilidades de ampliación de zonas regables, alrededor de cinco millones de hectáreas, serán consumidas de continuar el acelerado ritmo actual en 1965. Y el 90 por 100 de la superficie nacional restante habrá de adaptarse forzosamente a las técnicas desarrolladas para la explotación de las zonas de secano.

*Orientaciones actuales en la mejora de las «zonas pastorales»
mediterráneas*

La labor desarrollada por los organismos nacionales e internacionales anteriormente citados, nos permite dar una idea general suficientemente elaborada del estado en que se encuentran las investigaciones destinadas a poner a punto la explotación de las áreas pastorales en nuestra región mediterránea.

Las conclusiones aceptadas en la reunión de la FAO, celebrada en Lisboa en 1955 (72), hacen referencia concreta a estos términos. La producción agrícola bruta de los países de la Europa meridional representa el 40 por 100 de su producción total, y de ella «la production animal constitue, et de beaucoup, la plus grosse partie de la production agricole brute». No existen estadísticas exactas a este respecto, pero «s'accorde á admettre que la production de betail a une grande importance et q'elle devra être intensifiée si l'on veut que ces pays soient en mesure de faire face à leur besoins en denrées alimentaires».

El principal inconveniente para esta intensificación está basado en el clásico círculo vicioso de gran número de países mediterráneos. El pastoreo excesivo da lugar a pastos pobres, que a su vez originan un ganado subalimentado; sus escasos rendimientos obligan a aumentar el número de cabezas que degeneran más y más la cubierta vegetal.

Las mayores necesidades en productos animales no pueden ser cubiertas sin aumentar a su vez los recursos alimenticios del ganado, lo cual, en las condiciones en que se desenvuelve nuestra ganadería extensiva, puede ser logrado mediante la ampliación de los cultivos forrajeros y, sobre todo, *por la explotación cuidadosa de los pastos naturales*. Una serie de problemas se presentan a esta incipiente ciencia pastoral, como de primer orden para llegar a alcanzar lo que constituye su finalidad específica. Entre ellos citaremos como más urgentes (72):

La rotación ordenada del pastoreo.

La fertilización con N P K.

Los métodos de inventario de la vegetación.

Estudio fitosociológico de «áreas pastorales unitarias» en regiones representativas.

El abonado verde y las adaptaciones locales de nódulos bacterianos.

Elaboración, por parte de los Gobiernos, de una eficaz legislación sobre la explotación de los pastos (3).

Estudio del conjunto animal-pasto como tal asociación biótica.

Estudio de la composición química de las plantas forrajeras.

Producción, control y distribución de semillas, resemillación e introducción de especies (4).

Glosario de términos pastorales y puesta a punto de la nomenclatura.

Dadas las diferencias evidentes entre las necesidades del ganadero y el agricultor, y teniendo en cuenta que la cronología individual es demasiado corta como para adaptarse a los dilatados ciclos económicos que la explotación de las producciones vegetales a veces impone, sería necesario fundamentar todo plan de actuación en un criterio general de producción total coordinada.

Para esto habría que determinar previamente la «vocación» agrícola de las tierras, estableciendo de manera científica y sistemática los grados de prioridad y las compatibilidades, según las circunstancias de cada región agro-climática.

Por lo que respecta al antagonismo entre la producción agrícola y la ganadera, es conveniente recordar que más interesante que ampliar las áreas de cultivo cerealistas, es el incrementar los rendimientos y reducir los costes de producción. Y en el segundo término proporcionar al ganado el necesario complemento al pastoreo, mediante la producción forrajera.

La regeneración y mejora de los pastos no podrá realizarse eficazmente sin un conocimiento exacto de todas las circunstancias ecológicas y de la dinámica de la vegetación de cada zona, según ya apuntábamos.

Imprevisión que explica la falta de éxito en las resemillaciones realizadas en el norte de África y en Cercano Oriente por técnicos provenientes del oeste de los Estados Unidos, y que ha hecho orientar los ensayos a partir de especies oriundas de regiones con «clima mediterráneo» (Australia, Sur de África, California y Chile), como más interesantes.

El conocimiento de todas estas circunstancias implica el estudio

(3) Recomendación conjunta del Working Party y de la Study Commission on Sheep and Goat Production de la Association for Animal Production.

(4) En este sentido realizan intensos esfuerzos la European Seed Improvement Association, la OEEC, la FAO, la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), que tiene recogidos más de 600 ecotipos de la región mediterránea, y la FIS (Federación Internacional del comercio de semilla), entre las asociaciones internacionales.

fitosociológico de cada tipo de pasto, mediante el cual, además de poder deducir la composición botánica actual, valoración nutritiva de los mismos pastos, capacidad de carga, control de la explotación, puede ser inducida una interesantísima información sobre factores ecológicos de todo tipo, estado y composición del suelo, sucesión evolutiva y establecimiento de la vegetación «climática» (5).

2. EL PROBLEMA DEL ESTUDIO Y VALORACIÓN DE LOS PASTOS

Toda la variada metodología y múltiples conceptos a que ha dado origen la investigación de los pastos, están fundamentados en el punto de vista que se adopte como criterio de apreciación y por la finalidad concreta que se persiga en el conocimiento de estas formaciones vegetales. El juego de estos dos grupos de factores ha hecho surgir la numerosa serie de sistemas, más o menos adaptados a una necesidad específica o a un tipo determinado de vegetación.

El problema es interesante. De la objetividad y adecuación del método escogido dependerá, naturalmente, la fidelidad de los datos que nos proporcione y la efectividad de las medidas que pudieren adoptarse.

Agrupamos, para su exposición esquemática, todos los puntos de vista adoptados, en los cuatro criterios siguientes; que en realidad, en muchas ocasiones, se encuentran imbricados en el momento de su aplicación concreta. De conformidad con ello, la vegetación natural, de interés zootécnico, puede ser estudiada con finalidades diferentes, pero en lo que a nosotros interesa, complementarias.

1. El pasto es considerado como formación botánica.
2. El pasto es enjuiciado como parte integrante de un complejo biótico-ecológico que condiciona su existencia y evolución.
3. El criterio zootécnico, que estudia el pasto como fuente de alimento para el ganado.
4. El criterio agronómico, que se atiene fundamentalmente a los sistemas de explotación y mejora del tapiz vegetal que consideramos.

* * *

(5) La FAO, cuyos representantes han insistido repetidamente recomendando la conveniencia de realizar el estudio fitosociológico de las zonas pastorales, tiene dos divisiones (Working Parties) dedicadas al estudio y explotación de los pastos: la Mediterránea y la de Cercano Oriente.

En la primera están integradas en la actualidad, además de España, Francia (Argelia), Grecia, Israel, Italia, Túnez, Yugoslavia, Libia, Marruecos, Portugal, Turquía y Reino Unido (Chipre y Malta).

1. Naturalmente, los pastos, como tal formación vegetal, han sido objeto de detenido estudio por parte de los botánicos, fitogeógrafos y fitosociólogos de todo tiempo. Dentro de este primer criterio, lo que en realidad se pretende es la *caracterización botánica del pasto en su estado actual*. Para conseguir este objetivo el primer paso consiste en un conocimiento, detallado como sea posible, de la composición específica.

El análisis de los constituyentes botánicos del pasto es esencial para llegar al conocimiento de su «carácter», para poder encuadrarlo exactamente dentro de la vegetación de la región donde se encuentra establecido. En este sentido serán más interesantes aquellas especies que nos puedan señalar las relaciones del pasto con las restantes formaciones o conjuntos sociológicos, aunque sus índices de abundancia o dominancia, y aun su valor nutritivo, sean despreciables.

Dentro de este criterio estrictamente botánico, una vez individualizado y sistematizado el pasto, por sus caracteres florísticos, son de indudable interés, para el conocimiento de su estructura propia, los estudios que se refieren a la fenología, variaciones estacionales de su composición y espectro biológico, sobre alguno de los cuales volveremos al exponer nuestra propia metodología.

Sin embargo, los sistemas de estudio empleados por los investigadores para lograr este conocimiento de las formaciones botánicas, pueden ser y de hecho lo son, utilizados en las restantes modalidades que hemos enumerado, en especial el que se refiere al empleo de los pastos en la alimentación del ganado. Los procedimientos utilizados en el estudio de la vegetación en esta modalidad serán detallados en el capítulo siguiente, y a él nos remitimos, puesto que corresponde, en su más amplia acepción, al procedimiento fitosociológico que hemos adoptado.

Es conveniente insistir en el hecho de que estos procedimientos sociológicos estudian las especies que integran una formación vegetal en distinto sentido de los que miran tan sólo al valor de la vegetación como alimento del ganado. Así, cuando las escuelas que se ocupan del estudio y mejora de los tapices herbáceos de las zonas húmedas—que son las que han llevado a su más alto grado de desarrollo la metódica del estudio de la vegetación directamente aprovechable por el ganado—, o de las praderas muy uniformes, hablan del estudio botánico, se refieren de ordinario al porcentaje numérico o superficial de cada especie sistemática (o sólo de aquellas de interesante catalogación nutritiva), sin hacer referencia, naturalmente, a su significación sociológica, comportamiento dinámico o representativo de la estructura de la agrupación vegetal estudiada.

En cambio, en los inventarios de la vegetación a que ahora nos estamos refiriendo más concretamente, va también incluido este estudio *cuantitativo* de la composición vegetal del prado o pasto, aparte de los fundamentales caracteres *cualitativos*, indispensables para el encuadre inicial del tipo de vegetación y su jerarquía.

El análisis botánico puede hacerse usando diversos procedimientos, que en la inmensa mayoría de los casos tienen el fundamento común de ser una modalidad especial de muestreo estadístico.

Indicamos a continuación tan sólo los conceptos generales de los caracteres cuyo estudio está más extendido.

La noción de *frecuencia* se refiere a la relación entre el número de muestras tomadas, y aquéllas en que se encontró la especie problema.

La apreciación relativa del número de individuos es la *abundancia*, que si es referido exactamente a la superficie sobre la que se encuentra, constituye la *densidad*.

La *cobertura* será estudiada más detenidamente en un capítulo posterior, en lo que respecta a los índices sociológicos que a ella se refieren. Puede ser evaluada por apreciación directa o bien por procedimientos cartográficos, con pantógrafos o por medios fotográficos.

La *estratificación* indica la altura de la forma biológica adoptada por cada especie.

2. Parecida concepción rige la metodología del segundo grupo, que considera al pasto como resultante de los factores vegetación, suelo, clima y ganado en continua acción conjunta, para hallar un estadio de equilibrio.

Este mismo enjuiciamiento biótico-ecológico de la vegetación constituye una premisa fundamental en los sistemas sociológicos, referidos en el apartado anterior. Con la fundamental diferencia de que ellos consideran al conjunto florístico como una resultante de todos los demás factores, los cuales son estudiados subsidiariamente y en función de aquél.

En este grupo es dada primordial importancia al análisis de todos estos factores que coaccionan en el origen, dinámica y evolución de la formación vegetal en dirección a su estadio de equilibrio y permanencia, la «climax». Utilizando estos sistemas reseñados, puede ser conocida la historia y el futuro de la agrupación vegetal y, en consecuencia, hacer una ordenación de su aprovechamiento a largo plazo, factor interesante a considerar, y que no puede ser conocido por el estudio o valoración actual del pasto.

En este apartado entran, pues, todos los procedimientos de estudio del *habitat* de la estación, la influencia del pastoreo sobre la com-

posición y evolución del pasto, la erosión, las condiciones hídricas y climáticas, el pH, composición química, características físicas y estructura del suelo y su influencia recíproca con la vegetación, la altitud, topografía, geología, acción humana, etc.

3. La tercera finalidad que se puede perseguir en el estudio de un paso o prado, se derivada de la posibilidad de ser base de la alimentación del ganado. En este sentido se han arbitrado multitud de procedimientos para valorar el rendimiento nutritivo, y de él poder deducir la capacidad ganadera, y, en definitiva, el valor económico.

El sistema más simple y de los primeros históricamente empleados, consiste en medir la producción en peso por unidad de superficie y tiempo. Se puede considerar la producción total, o de grupos o especies botánicas.

En lugar de hacerlo en peso puede verificarse esta misma valoración atendiendo a la composición nutritiva, grado de apetecibilidad de las especies componentes, digestibilidad de las mismas, en unidades alimenticias, etc. (34), (25), (36).

Con estos datos obtenidos puede resolverse el problema de la capacidad ganadera, para una especie animal determinada, en diferentes edades o atendiendo al tipo de producción. También se puede medir el paso en relación a los productos pecuarios que de él puedan obtenerse: carne, leche, lana, energía, etc.

En lugar de estos procedimientos analíticos, aplicados directamente al estudio de la vegetación, han sido utilizados los animales para medir la productividad real, los rendimientos económicos, en la finalidad última que se persigue con la explotación de la masa vegetal del pasto. Este sería en sentido utilitario el mejor sistema de valoración, a no ser por los graves inconvenientes que presenta, como son, por ejemplo, el gran número de animales necesarios, las fluctuaciones individuales, y el minucioso control que exigen los ensayos.

Han sido empleados, mediante ensayos de pastoreo, para determinar la carga animal que es capaz de soportar un tipo de pasto por unidad de superficie, o bien el área necesaria para sustentar a la unidad animal un tiempo determinado. Por el mismo procedimiento pueden valorarse los productos animales que se pueden obtener de un pasto, en función del tiempo que sea utilizado.

Son interesantes los experimentos realizados utilizando animales en la medida de la digestibilidad, mediante la relación existente entre la masa consumida y la digerida. Estos ensayos pueden ser realizados investigando en las excretas la lignina o los cromógenos como indicado-

res del grado de digestión a que han sido llevados los vegetales ingeridos.

4. Por último, nos queda por reseñar bien sea someramente, la orientación del estudio de los pastos en vistas a su mejora y adecuada explotación. Dentro de este capítulo entran los estudios que dictarán el método de abonado, las enmiendas, procedimientos de lucha contra la erosión, posibilidades y métodos a seguir para la introducción en el pasto problema de especies interesantes por alguna característica agronómica o zootécnica, rotación de pastoreo, métodos de utilización más ventajosa del forraje, ensilado en su caso, etc. Extremos todos de indudable interés, como puede deducirse del incremento de producción que se ha obtenido de su adecuado empleo.

* * *

Indudablemente estos distintos criterios suelen formar parte en mayor o menor grado de cualquier metodología que intente un estudio global de las formaciones herbáceas de que nos estamos ocupando. Cualquiera de ellos, considerado aisladamente, resulta insuficiente para llenar la finalidad última de la *adecuada y máxima* explotación de agrupaciones vegetales pastoreables, que es el punto de vista que al zootécnico interesa.

A pesar de que los grupos de orientaciones que hemos hecho son reducidos, las modalidades y diferentes métodos de trabajo que han sido elaborados para resolver cada problema concreto son sumamente variados.

Y así el técnico se encuentra en la necesidad de elegir de entre todos ellos el que más se adapte a las circunstancias en que se haya de desenvolver su propio trabajo: tipo de vegetación, medios de investigación disponibles, experiencias por trabajos realizados en la misma zona, ayuda de personal especializado, fin que se proponga en el estudio o mejora, etc.

En cualquier caso, el plan de trabajo ha de tener siempre en cuenta que, la información que el método de estudio y valoración del pasto que se establezca proporcione, ha de estar en relación adecuada con dos factores esenciales:

El fin último a que tienda el estudio.

Tiempo, material, gastos y especialización que el método exija para conseguir el fin señalado.

El estudio realizado sobre los pastos del Valle de la Alcudía ha tenido en cuenta todos estos factores. La falta de trabajos de esta mis-

ma índole en nuestra literatura, nos han inducido a exponer más detalladamente todo lo referente a la doctrina y metodología utilizadas. Al mismo tiempo, nuestra propia experiencia y los resultados obtenidos por otros investigadores en trabajos similares nos han demostrado suficientemente que el método que preconizamos puede tener una amplia repercusión en la explotación de nuestras zonas pastorales. En el transcurso del mismo quedarán suficientemente expuestas y razonadas la elección del sistema y los métodos, de modo que puedan ser comprobados o criticados su empleo en la solución y enjuiciamiento de problemas similares.

3. LA FITOSOCIOLOGÍA ACTUAL

El desarrollo, expansión y aplicaciones de la Fitosociología en el momento presente, justifican la exposición que en este lugar hacemos de su origen, estado actual y de las tendencias más interesantes que de ella se han derivado en nuestros días y que han producido numerosos trabajos de investigación en el mundo entero, pero especialmente en la cuenca mediterránea.

La unidad fundamental de la vegetación en Fitosociología es la «asociación», concepción base de su misma esencia como tal ciencia independiente y definida. Ya en 1910, Flahault (Montpellier) y Schröter (Zürich), habían establecido la «asociación» como un conjunto vegetal definido por su composición florística, con una fisonomía uniforme, y desenvolviéndose en condiciones homogéneas de medio. Sin embargo, esta concepción tenía el defecto de dejar muy indeterminada la asociación para su reconocimiento sobre el terreno.

Posteriormente, J. Braun-Blanquet introdujo el concepto de *especies características*, plantas ligadas, con más o menos exclusividad, a la asociación y que son denotadoras de unas determinadas condiciones ecológicas. En este sentido ha sido dicho que la asociación es el «espejo de las condiciones ambientales» en que se desenvuelve.

Y de aquí se deriva gran parte de las aplicaciones prácticas que tiene esta ciencia. Una vez individualizada la asociación florísticamente, pueden ser adscritos a ella los factores ecológicos que le van ligados, siempre en gran número y de difícil investigación y, en consecuencia, ser inducidos los complejos factores que integran el «habitat», del reconocimiento florístico de la «estación».

Suizo de origen, aunque radicado en Montpellier (Francia) durante gran parte de su vida, J. Braun-Blanquet ha realizado una labor incansable de investigación, perfeccionamiento y difusión de la Fitoso-

ciología, habiendo aplicado su propio método al estudio de la vegetación de numerosos países mediterráneos y centroeuropeos.

Por la S. I. G. M. A. (Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine), fundada y dirigida por el propio Braun-Blanquet, han pasado botánicos, agrónomos, forestales y ecólogos del mundo entero, que después han utilizado las concepciones de esta escuela con alentadores resultados, como lo demuestra la ingente literatura que a los treinta años de labor ha aparecido en todos los idiomas.

De las circunstancias antedichas se ha originado la denominación de escuela de Zürich-Montpellier, con que es conocida.

En la imposibilidad de enumerar los trabajos que han aparecido a partir de las concepciones zurico-montpellienses, nos limitamos a mencionar los principales centros que han adquirido fisonomía propia, bien por el número e importancia de los trabajos, por su sentido aplicativo, o por la tendencia que los individualicen en alguna característica de la escuela matriz.

En Stolzenau (Wesser), Alemania, se encuentra la «Zentralstelle für Vegetations-kartierung», dirigida por R. Tüxen. En escaso número de años ha realizado una ingente labor en la cartografía fitosociológica, orientada en sentido del estudio dinámico de la vegetación.

En el mismo sentido trabaja el Institut Botanique de Montpellier, del cual es director L. Emberger, el cual desempeña la misma función en el «Service de la Carte des Groupements Végétaux», de Francia. La labor más intensa ha sido desarrollada en la cartografía aplicada a la revalorización y puesta en explotación («mise en valeur») de extensas zonas del norte de Africa (Marruecos, Túnez y Argelia). Al actual director técnico del mencionado «Service», G. Long, corresponde gran parte del mérito de la aplicación a la práctica de los métodos fitosociológicos a los estudios agronómicos y pastorales y a la revalorización de zonas áridas, de los cuales hicimos mención en el capítulo primero de este trabajo. El término «vocación» por él empleado, deducido de las propias concepciones básicas de la fitosociología, indica la aptitud y adecuación de una zona determinada para la explotación cultural, pastoral, forestal, hortícola, etc.

Atendiendo a esta finalidad aplicativa, los métodos clásicos fitosociológicos han sido modificados sin variar las concepciones esenciales. Merecen mención especial a este respecto los trabajos de Nègre (1953), Sauvage (1949), Guinochet (1954), etc.

En el centro de Europa son dignos de mención, entre muchos otros, Aichinger y Wendelberger (1951), Institut für Angewandte

Pflanzensoziologie, dedicados preferentemente al estudio y mejora de las formaciones forestales.

También del Centre de Cartographie y el de Recherches Ecologiques et Phytosociologiques de Gembloux, son de interés los trabajos fitosociológicos aplicados al estudio de los prados (Noirfalise, Andries, Sougnez, etc.).

En Estados Unidos, la Escuela de Iowa, con los trabajos de Conard y Fuller, traductores a la lengua inglesa de la primera edición de la obra fundamental de Braun-Blanquet, *Pflanzensoziologie* (Plant Sociology, 1932).

En Portugal pertenecen a esta directriz de investigación que estamos glosando, Abreu, Pinto da Silva y Rozeira, y en la aplicación al estudio de los pastizales son interesantes los campos de actuación iniciados por Téllez y Mañato-Beliz, de la «Estação de Melhoramento de Plantas», de Elvas.

Por lo que a España respecta, los estudios fitosociológicos están evidentemente atrasados, sobre todo si se les compara con la labor desarrollada en casi todos los países europeos y de la cuenca mediterránea. Más aún si nos referimos al interesantísimo capítulo de las aplicaciones prácticas.

Evidentemente, el proceso lógico y necesario a seguir ha de ser iniciado con la denuncia y descripción de las asociaciones, para que la subsiguiente labor fitosociológica y aplicativa pueda tener efectividad. En este sentido hemos de mencionar los trabajos de S. Rivas Goday y colaboradores, dedicados en especial al estudio de las regiones Central, Meridional y Oriental de España; Bellot y Casaseca de la vegetación gallega, y en la región catalana O. de Bolós, Montserrat y Margalet. Existen también algunas publicaciones sobre fitosociología de limitadas comarcas españolas, realizadas por extranjeros, como Braun-Blanquet y R. Tüxen.

4. CONCEPTOS Y METODOLOGÍA FITOSOCIOLÓGICOS

La vegetación establecida en un lugar determinado es la resultante de la combinación de una serie innúmera de factores de naturaleza física y biológica, que constituyen en su más amplia acepción el concepto de «medio» en que se desenvuelve. De aquí se infiere que existe una exacta correlación entre todos estos factores y la vegetación que determinan, por lo cual, lógicamente, conocido uno de los dos términos podrá deducirse el otro.

Si esto es cierto para cada especie vegetal—que tras el primer perio-

do de acceso a un área, necesita estar capacitada para subsistir en las condiciones del medio que encuentra, y, aún más, adaptarse como mínimo a las fluctuaciones estadísticas de estos mismos factores y a la competencia con el resto de especies cohabitantes—, lo es también con mayor motivo para el conjunto de la agrupación vegetal.

El estudio analítico de los factores ecológicos, aisladamente, y de sus interferencias mutuas, como determinantes de la aparición de una especie o grupo vegetal, es una labor difícil, ya que, de hecho, pocas veces se podrá asegurar cuál es el factor ecológico esencial, en qué medida actúa y cómo se correlaciona con el resto de circunstancias. Sin embargo, la vegetación misma nos da la resultante final y exacta del libre juego de todos estos factores, con lo cual, conocida la vegetación, fácilmente podrán serle adscritos los factores condicionantes del complicado primer término.

El uso de las especies vegetales aisladas, como indicadoras de determinadas características ecológicas, es de todo punto insuficiente, porque de ordinario su amplitud ecológica deja prácticamente indeterminado el factor del cual se la quiere hacer representante y, sobre todo, por que no se tiene en cuenta los efectos de la competencia biológica con el resto de especies, conocidos desde los trabajos de Montgomery (1912) y a los que se ha dedicado multitud de investigaciones, puesto que se considera como un factor clave en las características de la vegetación.

De esta indeterminación de la especie aislada como indicadora de un factor ecológico, podía servir de ejemplo el caso de *Salicornia fruticosa*, que es sabido tiene distinta significación según la agrupación vegetal en que se encuentra (en el *Arthrocnemum* un tenor en CINá del 12-14 %; en el *Salicornietum fruticosae*, del 5-10 %, y en la asociación de *Trifolium maritimum*, de 1-5 %). *Asperula odorata* aparece en el Norte, en los hayedos que se encuentran sobre terrenos secos y cálidos, sueltos y calizos. Sin embargo, en las zonas meridionales se podría considerar denotadora de terrenos frescos y húmedos a los que se encuentra ligada, aun en ausencia de Fagus, y en el límite oriental de su área se localiza en zonas de gran índice de humedad, en los bosques cerrados de coníferas.

Oxalis acetosella se presenta, bajo clima atlántico, en terrenos secos, arenosos, pobres en humus, mientras que en climas continentales se puede hallar incluso en zonas pantanosas. De aquí la equivocación de Cajander, que la señalaba como planta indicadora de terrenos forestales buenos, y de formaciones arbóreas de alta productividad, lo cual es cierto solamente en el límite septentrional de su área de dispersión, donde se halla en terrenos de buenas características (100). Podrían multiplicarse los ejemplos sobre este punto.

El uso de la agrupación vegetal, de la asociación, como entidad de existencia real en la naturaleza, como síntesis global del medio que la «produce», es decir, considerada como espejo de todas las circunstancias ambientales—incluidas las acciones antropozoógenas o su propia historia y dinámica—, para de su estudio poder inferir los factores que la condicionan y en qué medida, está adquiriendo mayor predicamento cada día. Una vez establecidas las correlaciones *medio-vegetación*, pueden *interpolarse* las conclusiones de todo orden verificadas, tan sólo por la comprobación florística en todos aquellos puntos donde se presente la misma asociación o agrupación, *al menos dentro de la misma área geográfica*. Desde el punto de vista práctico es de suma trascendencia el considerar que cada asociación es índice de un determinado «potencial biológico», dentro de cuyos límites puede ser sustituida la vegetación natural por un cultivo, repoblación forestal, etc., o bien por la adecuada explotación mediante el pastoreo o aprovechamiento de la agrupación espontánea.

Son de gran interés demostrativo los trabajos y planes de explotación llevados a cabo por fitosociólogos franceses en Marruecos, Argelia y Túnez, donde este método de trabajo ha sido eficazísimamente apoyado en la subsiguiente *cartografía fitosociológica*, actuación que desde luego no ha quedado limitada al área mencionada (cf. *Bibliografía*).

La labor básica de establecer y describir las asociaciones vegetales y al mismo tiempo adscribirles los caracteres ecológicos, ha de ser realizada por investigadores especializados. Sin embargo, el reconocimiento sobre el terreno, utilizando las especies características y ateniéndose a las directrices por ellos establecidas, puede ser realizado por cualquier técnico con una ligera preparación en este aspecto, como han demostrado los ensayos realizados en Suiza para aclarar esta cuestión.

Concepto de asociación

Ateniéndonos al pensamiento de Braun-Blanquet, podemos definir la asociación como una agrupación vegetal estadísticamente homogénea, en cuanto a sus caracteres florísticos, que puede ser denotada por las especies características que revelan una ecología particular y autónoma.

Sobre esta concepción están basados los métodos de trabajo, sistemática y aplicaciones de la fitosociología. A pesar de que, según se deduce de la definición apuntada, la asociación es la expresión de la *cohabitación* de un cierto número de plantas, sin relación orgánica (29),

la existencia de la asociación en la naturaleza es un hecho *real*, innegable, en frase feliz de R. Molinier, un hecho de observación.

Las especies vegetales (6) aparecen, a primera vista, mezcladas en la naturaleza sin límites netos, que distingan absolutamente unas agrupaciones de otras, por no excluir, en la mayoría de los casos, su presencia en una parcela la aparición en otra más o menos distante.

Verificando el elenco de todas las plantas encontradas en un «stand» o en una agrupación (*symphytium*), será prácticamente imposible volver a encontrarlas todas en un «stand» o agrupación distinta, por muy parecida que sea. Faltarán algunas presentes en el primer «inventario» y habrán hecho su aparición otras especies nuevas.

Sin embargo, cuando se posee suficiente número de inventarios de una región dada, podrá notarse que es posible agrupar varios de ellos por su afinidad florística. Mediante este proceso de *abstracción*, puede definirse el núcleo florístico de la asociación, de cuyo *tipo* serán meras fluctuaciones estadísticas los diferentes «stands» (7) encontrados.

Por lo que concierne a aquellos que dedican su actividad al estudio de la vegetación desde cualquiera de sus aspectos de utilización práctica y económica, hemos de hacer la indicación de que, aparte de todas estas consideraciones, por demás interesantes, pero de índole filosófica o puramente teórica, el concepto de asociación se ha manifestado como una magnífica hipótesis de trabajo en el intento de estudio, descripción o aprovechamiento de la vegetación.

Con frecuencia se presentan en la práctica de campo «stands» que no pueden ser adscritos a ninguna de las asociaciones denunciadas para la región. Puede tratarse, bien de «stands» mixtos, o de mezclas o transiciones entre diversas asociaciones. Habrá que determinar por tanto, en cada caso, cuál es el motivo y los factores que han intervenido en la formación de la parcela atípica, el conocimiento de los cuales nos dará en multitud de casos la clave de la actuación futura. Sin embargo, habrá que referirse siempre a las asociaciones típicas para encuadrar la vegetación objeto de estudio.

* * *

En toda asociación pueden encontrarse las siguientes clases de especies:

Características son aquellas especies que encuentran en la asociación su óptimo de vida.

(6) Los conceptos y métodos de la fitosociología están siendo aplicados con éxito al estudio de las asociaciones animales y al global de las biocenosis.

(7) También denominado «individuo de asociación».

Compañeras son las que se encuentran en asociaciones muy diversas. *Accidentales* son denominadas las especies introducidas accidentalmente.

Diferenciales son las que se encuentran ligadas a una de entre dos o varias asociaciones afines.

Inventario florístico

Antes de indicar el procedimiento seguido en la toma de inventarios de la vegetación en estudio, hemos de definir los caracteres que en los mismos se toman en consideración, a algunos de los cuales ya nos hemos referido con anterioridad.

Abundancia, se refiere al número relativo de individuos de cada especie con relación al conjunto.

Dominancia, es la extensión ocupada por cada especie en relación con el área cubierta por la agrupación.

En la práctica, estos dos caracteres suelen darse en una sola cifra, denominada *abundancia-dominancia*, conforme a la escala siguiente.

+ individuos muy raros; recubrimiento hasta el 1 por 100 del área escogida.

1 individuos abundantes; recubriendo del 1-5 por 100

2 individuos muy abundantes; recubriendo del 5-25 por 100

3 cualquier número de individuos; recubriendo del 25-50 por 100.

4 cualquier número de individuos; recubriendo del 50-75 por 100.

5 cualquier número de individuos; recubriendo del 75-100 por 100.

Sociabilidad. Indica la forma de agruparse los individuos de una especie determinada, con respecto al conjunto de la agrupación. Se estima siguiendo esta escala:

1 individuos aislados

2 en pequeños grupos

3 en conjuntos

4 en colonias

5 en poblaciones.

Frecuencia. Expresa la relación porcentual entre el número de inventarios realizados y aquellos en que ha sido encontrada la especie a que se refiere el índice.

Presencia, es sencillamente el número de inventarios de un «cuadro» (8) en que se encuentra una especie. Cuando el número de inven-

(8) «Tableau».

tarios realizado es muy alto, se suele dar la presencia, mediante las «clases de presencia», indicadas como sigue:

- I—especies presentes del 1-20 por 100 de los inventarios
- II—presentes en el 20-40 por 100 de los inventarios
- III—presentes en el 40-60 por 100
- IV—presentes en el 60-80 por 100
- V—presentes en el 80-100 por 100.

El proceso seguido corrientemente para la obtención de los datos necesarios para el estudio de la vegetación, está basado fundamentalmente en el inventario florístico como ya hemos dicho. Consiste el mismo en hacer el elenco completo de todas las especies presentes en el área en estudio, que debe indicarse al comienzo del inventario (en m²). También se señala la fecha, localización exacta del inventario, la altitud, la orientación, la inclinación (en grados), la cobertura (%) y la altura de la vegetación. A continuación va la lista de las especies; a la izquierda de cada una se colocan dos cifras separadas por un punto: la primera indica la *abundancia-dominancia*, y la segunda la *sociabilidad*.

Aunque este es el núcleo esencial del inventario, pueden añadirse toda clase de observaciones referentes a la vegetación o a las características estacionales, dependiendo del objeto del estudio que se haga, el detalle o número de las mismas.

Damos, a título de recordatorio, un índice de las más interesantes:

Clima: pluviometría anual, temperatura, humedad, evaporación, vientos, insolación.

Condiciones hídricas de la estación, capa freática, inundación, salinidad, etc.

Geología, petrología, características de la roca madre.

Estudio del suelo: microrelieve, erosión, afloramientos rocosos, grava, tipo de suelo, origen, color, textura, estructura, composición química (9), reacción al HCl, estudio del perfil en sus diversos horizontes, capacidad y contenido en aire y agua, pH, humus, fauna terrícola, etc.

Vegetación: vitalidad de las especies, forma biológica, restos vegetales, fenología, ramificación, *agrupaciones de contacto*, tendencia evolutiva, etc.

(9) Naturalmente, algunas de las observaciones citadas deberán ser realizadas en el laboratorio, lo que implicará el recoger muestras para su posterior análisis. Como consecuencia de la evidente correlación entre suelo-vegetación, cada día se impone con más fuerza la necesidad de la actuación conjunta del edafólogo y el fitosociólogo, como labores complementarias de una misma finalidad: colaboración que abre nuevas posibilidades a los dos campos de investigación.

Acción antropozoógena: tipo de explotación, intensidad y ordenación del pastoreo y especies animales, cercanía a núcleos de población, cultivos, incendios, abonados, riegos, drenaje, etc.

Orografía: configuración del relieve del suelo, posición topográfica, etcétera.

Fotos.

Tanto el inventario florístico, como las observaciones ecológicas, pueden ser realizados en hojas sueltas o en cuadernillos corrientes, siempre que cada inventario pueda quedar independiente para su posterior ordenación. Sin embargo, facilita mucho la labor y da seguridad y rapidez en el momento de recoger los datos, el disponer de fichas con un cuestionario impreso, en el que se pidan las observaciones que se consideren más interesantes.

Formación de los cuadros de asociación

Una vez realizados todos los inventarios que se han considerado necesarios para el conocimiento preciso de la vegetación de la zona en estudio, deben ser confrontados entre sí, para establecer los grupos de semejanza según sus caracteres florísticos.

Si las asociaciones a que estos inventarios pertenecen no han sido descritas con anterioridad, debe notarse las especies que en la mayoría de los mismos aparecen como abundantes, dominantes y *constantes*, y éstas serán consideradas como *características* de la nueva asociación. En caso contrario, cuando la vegetación problema ya ha sido objeto de estudio fitosociológico, deben agruparse los inventarios pertenecientes a las asociaciones ya denunciadas.

En cualquier circunstancia, todos los inventarios con afinidad *sociológica* deben ser dispuestos en un cuadro general para su comparación y estudio general. A la izquierda y en columna deben ser inscritas las especies, empezando por las características de la asociación y seguidas por las de Alianza, Orden y Clase (ver más adelante), para terminar con las Compañeras y Accidentales.

Seguidamente y a la derecha de las especies, van anotándose los índices sociológicos correspondientes (abundancia-dominancia y sociabilidad) tal y como se indicó en la toma de inventarios, de tal forma que cada columna corresponda a un inventario, y en cuya parte superior suele anotarse su número de orden, localidad y fecha, cuando menos. La columna final derecha es costumbre reservarla a indicar la *Presencia*, con lo que se dispone de un resumen total del cuadro de asociación.

Con este cuadro disponemos de un inestimable instrumento para po-

der estudiar cualquier característica interesante de la vegetación en su conjunto: especies componentes, interés de cada una, sentido evolutivo, valor bromatológico del conjunto, interés económico general, etc.

Sistemática fitosociológica

Las asociaciones suelen designarse mediante el sufijo *etum* unido al nombre genérico de una especie representativa y poniendo el específico en genitivo (10). Atendiendo a caracteres florístico-ecológicos, se agrupan las asociaciones en unidades superiores denominadas *Alianzas*, que se hacen terminar en *ion*. Un conjunto de alianzas forma el *Orden*, que se designa con la terminación *etalia*, y a su vez la *Clase*, complejo de órdenes, se denomina con el sufijo *etea*. Ejemplo: Clase *Helianthemetea annua* Br.-Bl. (Comunidades terofíticas, oligotrofas. propias de suelos síliceos ácidos); Orden *Helianthemalia guttati* Br.-Bl. (asociaciones de zonas arenoso-síliceas o limo-arcillosas, exentas de carbonatos alcalinotérreos, con escaso número de gramíneas); Alianza *Helianthemion guttati* Br. Bl. (vegetación estrictamente oligotrofa. nitrófila, de escaso grado de cobertura); Asociación a *Trifolium cherleri* et *Plantago Bellardi* Riv. God. (típica de los montes adhesionados que se labran cada cuatro a seis años).

Como en el caso de las especies, las asociaciones y demás unidades sistemáticas fitosociológicas deben llevar consignado, abreviadamente, el nombre del autor que la denunció.

Existen otras unidades de categoría inferior y subordinadas a la asociación, como son la subasociación, las variantes y las facies.

No entramos en la polémica sobre este sistema de jerarquización fitosociológica. Llamamos ahora la atención, sin embargo, sobre sus indudables ventajas didácticas.

APÉNDICE

Ofrecemos en síntesis la pauta a seguir en una investigación completa de los pastos y sus posibilidades de explotación (11):

(10) Se va imponiendo el criterio de nombrar las asociaciones utilizando las dos especies más representativas de la misma (ej.: Asociación a *Aira cupaniana* et *Tolpis barbata* Riv. God.).

(11) Inspirado, en parte, en los métodos seguidos por el S. C. G. V. del Institut Botanique de Montpellier. Los capítulos I-IV son comunes a todo estudio de la vegetación, cualquiera que sea la finalidad que se persiga.

I. INFORMACIÓN.

Trabajos realizados en la región en estudio referentes a:

1. Clima
2. Geología
3. Suelo
4. Vegetación
5. Explotaciones

II. PROSPECCIÓN.

1. Inventarios de la vegetación:
 - a. Fecha, autor, localización exacta, número del inventario, altitud, explotación actual.
 - b. Exposición (N.NE. E.SE. S.SW. W.NW.), inclinación ($^{\circ}$), superficie considerada (m^2), topografía.
 - c. Formación vegetal, altura de la vegetación (cm.), cobertura (%).
 - d. Lista de plantas (abundancia-dominancia, sociabilidad, forma biológica).
2. Estudio del suelo en las agrupaciones vegetales homogéneas.
 - a. Tipo de suelo
 - b. Perfil
Superficie (nanorelieve, denudación (%), rocas (%), pedregosidad (%), vegetación (%), restos vegetales (%).
Profundidad (estratos, color, textura, estructura, pH, reacción al HCl, roca madre).
Toma de muestras para análisis.

III. ELABORACIÓN DE DATOS.

1. Formación de «cuadros» de inventarios.
2. Establecimiento de «medios» ecológicos. Correlaciones suelo-vegetación-factores climáticos.
3. Dinámica de la vegetación.

IV. CARTOGRAFÍA.

1. De la vegetación.
2. De «medios» ecológicos.

V. PRODUCTIVIDAD.

En las agrupaciones que presenten suficiente extensión.

1. Especies forrajeras. Apetecibles por el ganado.

- | | |
|--------------------|---|
| a. Gramíneas | } Indicar si son anuales o vivaces. Abundancia y valor nutritivo. |
| b. Leguminosas | |
| c. Otras familias. | |

2. Especies inútiles o perjudiciales.
3. Rendimiento en Unidales Alimenticias por hectárea.

VI. REVALORIZACIÓN.

1. Establecimiento de estaciones piloto para ensayos en las zonas interesantes más típicas.
2. Ensayos de medidas conducentes al aumento de la productividad (abonado, resemillación, rotación del pastoreo, evolución del pasto, etc.). Estudio económico de las mismas.
3. Ensayo de introducción de especies nacionales e importadas.

VII. VULGARIZACIÓN.

1. Establecimiento de conclusiones.
2. Difusión regional de las mismas.
3. Asesoramiento.

*Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal
Sección de Bromatología y Nutrición Animal*

INSTITUTO BOTÁNICO «A. J. CAVANILLES»

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA Y FORMACION DE ALGUNOS SUELOS EN LA GUINEA CONTINENTAL ESPAÑOLA

por

ANGEL HOYOS DE CASTRO y LUIS-J. ALIAS PEREZ

(Conclusión)

DISCUSIÓN

Estudio comparativo de los suelos

Con objeto de poder establecer alguna conclusión acerca de la génesis de los suelos estudiados, haremos un estudio comparativo para poner de manifiesto analogías y diferencias.

Este estudio comparativo se ha de referir a varios aspectos. En primer lugar, la composición mecánica del suelo nos da una idea de la intensidad del ataque químico, tomando como medida la cantidad de arcilla formada; claro es que la naturaleza de la roca madre puede influir, con la presencia de minerales no atacables, en la cantidad de arena. Pero las propiedades del suelo dependen en gran manera de la composición mecánica; por tanto, su estudio nos permite conocer el comportamiento del suelo.

Desde el punto de vista de la composición mecánica, podemos distinguir dos tipos de suelos: uno que agrupa los suelos 2, 4, 5, 6 y 19, y otro los 9, 12 y 24. La comparación de las distintas fracciones se realiza mejor por los cocientes que por los valores absolutos; de aquí que en la tabla resumamos estas relaciones:

TABLA 31

Muestra	Arena	Limo	Arcilla	Fórmula mecánica	Arena	Limo
				Arena : Limo : Arcilla	Arcilla	
2 A.....	43,80	9,70	40,60	4,5 : 1 : 4,2	1,0	0,10
B.....	37,30	7,62	54,85	3,6 : 1 : 7,3	0,5	0,08
B/C....	52,00	1,40	50,52	5,0 : 1 : 5,0	1,0	0,08
4	53,80	14,02	28,75	3,8 : 1 : 2,0	1,9	0,15
5 A.....	53,65	7,03	37,42	7,7 : 1 : 5,3	1,4	0,07
B.....	50,55	4,65	44,12	10,8 : 1 : 10,0	1,1	0,05
6 A.....	52,30	6,03	40,62	8,7 : 1 : 6,8	1,2	0,06
B.....	49,50	2,85	44,52	17,2 : 1 : 15,6	1,1	0,03
B/C....	48,90	3,65	46,97	13,4 : 1 : 12,8	1,0	0,04
19 C ₂	63,20	3,75	30,90	16,8 : 1 : 8,2	2,0	0,04
9 A.....	75,05	10,60	12,30	7,0 : 1 : 1,1	6,4	0,10
A _{1e}	72,65	0,77	22,85	85,0 : 1 : 28,0	3,0	0,009
A _{2e}	73,55	2,78	20,72	26,1 : 1 : 7,4	3,5	0,03
B.....	65,20	3,68	27,80	17,6 : 1 : 7,5	2,3	0,04
G.....	70,50	2,70	26,40	25,9 : 1 : 10,0	2,6	0,03
12 A.....	79,30	2,10	19,12	39,5 : 1 : 9,5	4,1	0,02
A _e	74,50	4,38	19,77	17,0 : 1 : 4,4	3,9	0,04
A _g	69,30	19,23	13,07	3,6 : 1 : 0,7	5,1	0,20
24 A ₁	92,20	0,15	5,50	613,3 : 1 : 36,6	16,7	0,001
A ₂	95,00	1,65	1,70	59,5 : 1 : 1,0	59,3	0,01
B ₁	74,05	0,57	22,50	129,8 : 1 : 39,6	3,3	0,006
B ₂	75,15	0,90	24,00	83,3 : 1 : 26,6	3,1	0,01

La distinción que habíamos indicado se pone claramente de manifiesto en la relación arena/arcilla. Mientras que para los suelos 2, 5, 6 y también 4 y 19, ésta relación es aproximadamente 1, con algún valor superior, en los suelos 9, 12 y 24 los valores son bastante más altos.

Independientemente de los valores de la razón arena/arcilla, la consideración de la relación de estos componentes al limo, puede indicarnos algo acerca de la naturaleza del ataque químico. Pequeña cantidad de limo supone un gran ataque químico, ya que esta fracción, de pequeño tamaño, se ataca con relativa facilidad. De aquí se deduce que si la razón arcilla/limo es alta, el ataque químico ha sido muy intenso; si, por otra parte, simultáneamente con ésto, la razón arena/arcilla es alta, es que el material original contiene gran cantidad de minerales no atacables

Teniendo en cuenta estas consideraciones, vamos a penetrar un poco más profundamente en las características de estos suelos.

El suelo 4 debe proceder de un material original que contenga cierta cantidad de elementos no atacables, cuarzo, otros no muy atacables, que se acumularían en el limo, y finalmente otros muy atacables, que darían la arcilla. Análogas consideraciones sirven para el suelo 2, si bien la relación de minerales no atacables a minerales poco atacables es algo más alta. Hay que tener en cuenta que los que consideramos no atacables pueden no existir en principio en la roca y ser de nueva formación, como otras consideraciones parecen indicar para el caso de este suelo: se forma cuarzo secundario, que se acumularía en la fracción arena. También cabe que se forme gibsita, que quede en la fracción no arcillosa, y en ese caso probablemente en la fracción limo. En este suelo que consideramos se puede notar una franca eluviación de arcilla hacia el horizonte B.

Los suelos 5 y 6, por su parte, son bastante análogos, con menos materiales poco atacables, por lo que aumentan los materiales muy atacables y no atacables, permaneciendo la relación arena/arcilla muy análoga. Parece haber acumulación de arcilla en los horizontes inferiores.

En lo que se refiere a los perfiles 9, 12 y 24, la razón arena/arcilla es relativamente análoga y mayor que en los anteriormente considerados; hacen excepción los horizontes A₁ y A₂ del perfil 24.

De todos modos, existe una tendencia a que el valor de esta razón disminuya hacia los horizontes inferiores. Por otra parte, la consideración de los valores referidos al limo como unidad, permiten ver la fuerte acumulación de arena en los horizontes de lavado; los valores son muy altos en el caso del perfil 24, de acuerdo con la naturaleza de la roca madre.

Con objeto de conocer cuál es el proceso que conduce a la formación del suelo, podemos acudir al análisis químico. Por de pronto, se encuentra que desaparecen las bases, representadas por el calcio y magnesio, lo que indica un lavado intenso y un ataque fuerte de los minerales que los contienen. La acumulación de otros elementos, principalmente sílice y hierro, depende más de las condiciones ambientales, definidas por el pH y drenaje en el caso de la sílice, y por la mayor o menor aireación en el caso de hierro. La sílice puede quedar coagulada a bajo pH y sin lavar, si el drenaje es malo, mientras que el hierro se puede perder al estado ferroso si la aireación no es suficiente para oxidarle, en cuyo caso puede formar concreciones u óxidos de hierro más o menos hidratados, que no se lavan. Una deshidratación fuerte

o un envejecimiento, conduce a la formación de minerales cristalizados de tipo goetita o lepidocrocita y, en caso extremo, a hematites.

En la tabla 32 damos las variaciones de sílice y hierro, suponiendo que el aluminio permanece fijo.

De esta tabla se pueden deducir algunas conclusiones que vamos a indicar. En lo que respecta a la sílice existente en el suelo, hay una tendencia general a ser menor en los horizontes B; esta disminución es probablemente relativa, por acumulación de otros compuestos. Por otra parte, los perfiles 9, 12 y 24, decolorados o muy lavados por sedimentación, tienen mayor cantidad de sílice, que se manifiesta en la gran cantidad de arena, como ya hemos visto antes.

En el caso del perfil 2, la cantidad de sílice existente en el horizonte B/C parece indicar que el lavado está hasta cierto punto impedido.

Mientras en los perfiles 9, 12 y 24 la sílice debe provenir de materiales no atacables, es decir, es seguramente cuarzo primario, en los otros perfiles parte del cuarzo puede ser de nueva formación, y la acumulación se producirá en aquellos lugares en que la movilización de la sílice esté hasta cierto punto impedida, bien sea por falta de lavado o por coagulación originada por el valor del pH. En el perfil 4, parte del cuarzo, desde luego, es de origen primario, como se deduce de la naturaleza de la roca madre.

La cantidad de sílice en las arcillas es bastante análoga, lo que habla en favor de arcillas semejantes en su composición. De todos modos, tiende a crecer en aquellos perfiles que tienen mayor cantidad de sílice en el suelo y suele ser mínima en los horizontes A y B, generalmente más en el primero, lo que indica un lavado a partir de este horizonte hacia horizontes inferiores. Los horizontes A pueden de este modo contener minerales de aluminio (por ejemplo, gibsite) en mayor proporción.

Los valores de SiO_2 existente- SiO_2 calculada, negativos, suponen un lavado de sílice. Para los suelos de los perfiles 2 y 4, la génesis del suelo supone siempre un lavado de sílice frente a la roca madre. En los restantes existe, en líneas generales, un enriquecimiento por acumulación de minerales no atacables de tipo cuarzo, ya que la descomposición de los minerales primarios atacables proporciona otros en los cuales la pérdida de sílice no es tan acusada como para compensar la acumulación indicada. Por eso, la razón SiO_2 existente/ SiO_2 calculada es mayor que la unidad en muchos casos, pero es menor que 1 o tiende a ser mínima para los horizontes A y B. Para la arcilla se pueden hacer tres grupos: los que pierden sílice en pequeña cantidad,

TABLA 32

	SiO ₂ cal.		SiO ₂ ex. — SiO ₂ cal.		SiO ₂ ex. SiO ₂ cal.		Fe ₂ O ₃ ex.		Fe ₂ O ₃ ex. — Fe ₂ O ₃ cal.		Fe ₂ O ₃ ex. Fe ₂ O ₃ cal.	
	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla
	2 A.....	49,63	31,95	— 58,74	— 127,73	0,43	0,20	3,62	3,62	— 18,69	— 29,26	0,16
B.....	50,31	33,19	— 19,16	— 126,69	0,63	0,21	8,96	7,25	— 7,40	— 25,67	0,54	0,22
B/C.....	67,89	38,35	0,25	— 125,17	1,00	0,23	3,24	3,48	— 10,70	— 30,19	0,23	0,10
C.....	53,90		—		1,00		11,08		—		1,00	
4	59,78	31,77	— 34,91	— 127,63	0,63	0,19	5,52	10,86	— 18,02	— 28,76	0,23	0,17
C.....	59,15		—		1,00		14,70		—		1,00	
5 A.....	66,08	32,04	18,07	— 122,04	1,38	0,20	3,72	5,94	— 2,26	— 12,19	0,62	0,32
B	62,12	35,96	—	— 97,96	1,00	0,26	7,79	4,44	—	— 12,31	1,00	0,26
6 A.....	62,95	34,80	30,93	— 46,19	1,96	0,43	3,15	7,98	1,66	— 3,52	1,52	0,56
B.....	60,79	34,06	17,62	— 59,82	1,41	0,36	4,25	9,23	1,31	— 5,21	1,31	0,43
B/C.....	55,33	33,98	—	— 52,38	1,00	0,39	4,81	8,51	—	— 4,57	1,00	0,46
19 B.....	13,93		— 100,91		0,12		14,63		— 8,73		0,63	
C ₁	58,39		10,02		1,20		9,54		— 0,21		0,99	
C ₃	70,39	40,71	33,69	— 47,42	2,08	0,46	4,54	6,73	— 2,65	— 11,04	0,63	0,38
C ₄	53,71	38,15	—	— 42,67	1,00	0,47	10,89	6,30	—	— 9,94	1,00	0,38

	SiO ₂ cal.		SiO ₂ ex. — SiO ₂ cal.		SiO ₂ ex. — SiO ₂ cal.		Fe ₂ O ₃ ex.		Fe ₂ O ₃ ex. — Fe ₂ O ₃ cal.		Fe ₂ O ₃ ex. — Fe ₂ O ₃ cal.	
	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla
9 A.. .. .	69,95	33,78	— 8,76	— 247,43	0,88	0,12	1,26	2,26	— 0,09	— 2,57	0,93	0,46
A _{1g}	78,87	40,36	15,39	— 207,82	1,24	0,16	1,39	2,68	0,30	— 1,58	1,27	0,62
A _{2g}	81,81	40,98	19,50	— 229,02	1,31	0,15	1,69	2,69	0,62	— 1,95	1,58	0,58
B.....	58,85	36,55	— 63,05	— 239,40	0,80	0,13	2,98	7,21	0,42	2,47	1,17	1,52
G.....	79,55	41,46	—	— 236,42	1,00	0,14	1,37	2,27	—	— 2,50	1,00	0,47
12 A.....	83,12	38,78	55,91	— 126,09	3,05	0,23	1,14	2,33	0,96	1,26	6,33	2,17
A _g	85,01	42,38	42,00	— 145,96	1,97	0,22	0,73	0,63	0,45	— 0,59	2,61	0,51
A _g	76,05	42,76	—	— 141,41	1,00	0,22	0,49	1,77	—	0,58	1,00	1,48
24 A ₁	93,55	35,26	84,66	— 145,38	10,52	0,19	0,98	4,41	0,89	2,70	11,00	2,57
A ₂	95,20	40,76	92,63	— 104,74	37,04	0,27	1,26	4,82	1,23	3,27	42,00	3,11
B ₁	81,42	40,00	49,80	— 107,45	2,50	0,27	2,10	6,76	1,75	5,19	6,00	4,30
B ₂	79,16	39,56	43,16	— 110,14	2,19	0,26	4,04	4,95	3,66	3,36	10,63	3,11
B ₂ '.....	65,01		— 24,53		0,72		3,58		2,63		3,76	
C.....	61,94		—		1,00		0,66		—		1,00	

6 y 19, con un valor para la razón SiO_2 existente/ SiO_2 calculada, aproximadamente de 0,4; los que pierden bastante, con un valor para dicha razón entre 0,2 y 0,3, y los que pierden mucho, 9, con un valor para la razón de 0,15.

Dentro de estos grupos, en cada perfil la pérdida es muy semejante para todos los horizontes.

En lo que respecta al hierro, frente a la roca madre, cuando ésta contiene bastante hierro, existe un lavado probablemente al estado ferroso; por otra parte, hay una acumulación significativa en los horizontes B, que se manifiesta, en general, también en las arcillas. En líneas generales, existe mayor cantidad de hierro en las arcillas que en los suelos, si bien debe ser con carácter relativo, ya que en casi todos los casos la pérdida de hierro es mayor en las arcillas que en los suelos. En el caso de suelos con pequeña cantidad de hierro en el material original, y muy aireados, se obtiene un enriquecimiento en hierro, por formación de compuestos de hierro férrico no lavables. Los valores de la razón Fe_2O_3 existente/ Fe_2O_3 calculado, dan perfecta cuenta de que el enriquecimiento en suelos es mayor que en las arcillas.

En resumen, podríamos indicar que para suelos en los cuales la aireación no es muy fuerte, suelos de tipo arcilloso, existe una pérdida de hierro, mayor en el caso de las arcillas que en los suelos. Si el suelo es arenoso y, por tanto, con fuerte aireación, se facilita la oxidación y hay ganancia de hierro, siendo ésta mucho más fuerte frente a la arcilla que lo era en los suelos de tipo arcilloso.

Las variaciones relativas de los tres compuestos principales: SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 , se expresan bastante claramente en el valor de las razones moleculares, que dan también, en algún caso, los posibles minerales existentes. En la tabla 33 expresamos los valores de estas razones para los distintos perfiles y horizontes:

TABLA 33

	SiO ₂		SiO ₂		Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃ %		Fe ₂ O ₃ %		suelo	
	Al ₂ O ₃		suelo	R ₂ O ₃		suelo	Fe ₂ O ₃		suelo	Fe ₂ O ₃ %		suelo
	s.	arcilla		arcilla	s.		arcilla	arcilla		s.	arcilla	
			arcilla			arcilla			arcilla			
2 A	3,01	1,31	2,3	2,63	1,19	2,2	6,96	10,30	0,67	3,62	6,34	0,57
B	4,19	1,37	3,0	3,27	1,23	2,6	3,57	8,98	0,40	8,96	7,25	1,23
B/C	6,60	1,54	4,3	4,90	1,46	3,3	8,52	18,82	0,45	3,24	3,48	0,93
C	6,60			4,38			1,97			11,08		
4	4,82	1,52	3,1	4,13	1,27	3,2	5,99	5,19	1,15	5,52	10,86	0,50
C	7,63			4,46			1,40			14,70		
5 A	7,73	1,27	6,1	6,67	1,17	5,7	8,86	11,32	0,78	3,72	5,94	0,62
B	5,73	1,54	3,7	4,52	1,45	3,1	3,72	16,21	0,22	7,79	4,44	1,75
6 A	6,44	1,49	4,3	5,43	1,43	3,8	5,43	16,13	0,40	4,81	4,46	1,07
B	4,91	1,26	3,1	4,20	1,20	3,5	5,94	17,92	0,33	5,56	4,02	1,38
B/C	3,61	1,37	2,6	3,20	1,29	2,4	7,77	16,79	0,46	5,25	3,94	1,41
19 B	0,50			0,42			5,15			14,36		
C ₁	4,99			3,82			3,27			9,54		
C ₂	8,14	1,91	4,2	6,80	1,71	4,0	5,08	8,45	0,60	4,54	6,73	0,67
C ₄	4,16	1,96	2,2	3,14	1,74	1,8	3,17	8,12	0,39	10,89	6,30	1,72
9 A	10,46	1,41	7,4	9,77	1,36	7,2	14,28	28,44	0,50	1,26	2,26	0,55
A _{1e}	14,62	1,68	8,7	13,48	1,62	8,4	10,45	24,71	0,42	1,39	2,68	0,53
A _{2e}	15,46	1,57	9,8	13,81	1,51	9,1	8,84	27,28	0,32	1,69	2,69	0,62
B	4,88	1,56	3,1	4,51	1,46	3,0	10,78	8,55	1,26	2,98	0,68	4,38
G	11,77	1,76	6,6	11,03	1,69	6,5	13,09	28,07	0,47	1,37	2,27	0,60
12 A	24,86	1,91	13,0	22,06	1,83	12,0	7,84	22,46	0,35	1,14	2,33	0,48
A _e	16,09	1,83	8,7	13,62	1,81	7,5	19,55	96,25	0,21	0,73	0,63	1,15
A _g	8,15	1,89	4,3	7,98	1,83	4,3	51,83	34,27	1,51	0,49	1,77	0,26
24 A ₁	79,17	1,65	47,9	60,45	1,54	40,0	3,23	13,14	0,24	0,98	4,41	0,22
A ₂	273,55	2,10	130,2	115,81	1,92	60,3	0,73	10,73	0,07	1,26	4,82	0,28
B ₁	18,84	2,04	9,4	15,94	1,81	8,8	5,49	7,78	0,70	2,10	6,76	0,31
B ₂	16,53	1,99	8,3	12,57	1,82	6,8	3,17	10,67	0,29	4,04	4,95	0,81
B _{2'}	5,46			4,92			8,85			3,58		
C	7,53			7,32			34,25			0,66		

Los valores de sílice/alúmina en el suelo total no tienen gran significado, pues, como veremos más adelante, a pesar de ser bastante mayores que 2, no indican que se presenten minerales de tipo montmorillonita, e incluso puede existir gibsita al lado de cuarzo libre, hecho, por otra parte, corriente en estos suelos tropicales. Únicamente en el caso del suelo 19 B, el valor extraordinariamente bajo indica ya claramente la presencia de gibsita o material de óxido de aluminio hidratado libre. De todas maneras, estos valores altos de la razón molecular indican, desde luego, la presencia de cuarzo y se nota una clara diferencia entre los perfiles 2, 4, 5, 6 y 19, por una parte, y los 9, 12 y 24, por otra, con mucha mayor cantidad de cuarzo. La diferencia es bastante acusada para tomarla como significativa, pues mientras la media para los primeros es 5,3, para los otros alcanza el valor de 35,4. Se puede también notar que en ambos casos, en general, el valor de la razón es menor en los horizontes inferiores, en especial en los horizontes B.

Los valores de dicha razón $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ para las arcillas son más análogos, pero en parte paralelos a los del suelo. Las arcillas de los perfiles 2, 4, 5 y 6 tienen valores bajos, comprendidos entre los valores extremos 1,26 y 1,54, mientras que para los otros perfiles se acercan más al valor 2,0. La presencia de gibsita en éstos últimos parece más imposible. Las medias respectivas son 1,41 y 1,80. En cambio, los cocientes de las razones $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ para el suelo y arcilla indican que el proceso de pérdida de SiO_2 en este paso es mucho más acusado en los perfiles 9, 12 y 24, siendo para todos ellos mínimo en los horizontes B.

Los valores de la razón $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ son paralelos a los de la razón $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, pero la distinta movilización del hierro y aluminio que se pudiera deducir de la comparación entre ambas razones moleculares, se ve mucho más fácilmente en la razón $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$.

En primer lugar, en aquellos suelos en que contamos con roca, salvo el 24, el valor de esta razón en la roca es inferior al de cualquier horizonte, lo que significa que hay un lavado de hierro. Por otra parte, mientras en determinados perfiles este valor es mínimo en el horizonte B, en suelos con mucha aireación suele producirse el valor mínimo en el horizonte de lavado, por ejemplo 9-A₂₆ y 24-A₂. Siendo en estos suelos generalmente la sílice la que peptiza, el hierro queda por la fuerte aireación bastante deshidratado y coagulado, mientras que el aluminio se moviliza al estado de arcilla, que, salvo casos excepcionales y precisamente en los horizontes B, tiene una razón $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ superior a la del suelo.

Nos encontramos aquí de nuevo con una distinción clara entre los

dos conjuntos de perfiles. Mientras que en los perfiles con gran abundancia de arcilla los valores de la razón $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ son mayores en la arcilla que en el suelo (comparar los cocientes de estas razones, suelo/arcilla), con un mínimo en el horizonte B, en los suelos arenosos son también mayores en la arcilla, con un mínimo en el horizonte de lavado 9-A_{2e} y 24-A₂ y un máximo en el horizonte B. Este último caso es fácil de comprender: el hierro en suelos arenosos queda en forma poco dispersable y se acumula en horizontes de gran aireación, los primeros; por otra parte, hay fuerte eluviación de arcilla, que al contener poco hierro relativamente y acumularse en los horizontes B, hace que la razón $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ sea menor respecto al suelo. En los perfiles más arcillosos, en que las variaciones de arcillas son menores y el hierro ha quedado disperso en la arcilla, hay una acumulación de hierro tanto en suelo como en arcilla, pero mayor, relativamente, en ésta, y los valores suelo/arcilla son mínimos en los horizontes B.

Los minerales formados o que quedan como residuo se pueden deducir por varios procedimientos: a), por cálculo, a partir del análisis químico; b), por análisis térmico diferencial, y c), por rayos X. El primer método opera siempre con suposiciones, que en algún caso pueden ser erróneas, y tiene que venir refrendado por los otros procedimientos. La capacidad de cambio y el grado de hidratación del hierro pueden también ayudar al conocimiento de los minerales existentes. En la tabla 34 agrupamos los resultados obtenidos mediante el análisis químico:

Consideremos, en primer lugar, los minerales existentes en la arcilla. Todas ellas están formadas por caolinita y gibsita, pero en los suelos menos arenosos la cantidad de caolinita tiende a ser menor que en los suelos muy arenosos, aumentando la cantidad de gibsita. Esto parece indicar que, mientras en estos últimos la caolinita se forma de un modo directo y la sílice resultante en el proceso de ataque de minerales primarios se lava totalmente, en los suelos más arcillosos el ataque lleva, en parte, a la formación de caolinita y, en parte, a la formación de gibsita, pudiendo algo de esta gibsita ser resilificada con formación de caolinita por la sílice puesta en libertad en el ataque de los minerales primarios y con cierta dificultad de lavado. Por otra parte, los valores de la razón $\text{H}_2\text{O}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ indican que en las arcillas de suelos arcillosos pueden existir minerales cristalizados de óxidos de hierro hidratados, de tipo goetita, mientras que en suelos arenosos deben estar los óxidos de hierro al estado de geles fuertemente hidratados.

La cantidad de caolinita en los suelos se ha calculado a partir de la cantidad de arcilla, y de aquí que resulte mayor en los suelos arcillosos, a pesar de que éstos contengan menor cantidad de caolinita en la arcilla.

TABLA 34

	Capacidad de cambio		Materia orgánica	H ₂ O		MINERALES EXISTENTES					
	s.	arcilla		Fe ₂ O ₃		suelo			arcilla		
				s.	arcilla	caolinita	gibbsite	cuarzo	caol.	gibbsite	cuarzo
2 A	16,5	21,1	3,71	1,74	0,58	27,91	25,93	36,65	68,68	21,54	
B	11,0	19,8	1,48	4,63	1,49	39,13 (35,46)	7,72 (9,78)	33,82	71,35	19,99	
B/C	7,7	25,1	0,25	2,81	—	41,75 (34,13)	1,56 (6,09)	52,61	82,45	14,72	
4	6,2	18,1	0,70	—	3,1	19,63	20,39?	53,05	68,30	13,00	
5 A	13,7	17,3	4,6	5,0	1,07	25,77	7,73	54,69	68,88	23,70	
B	7,5	20,4	1,8	2,6	3,4	34,09	6,12	46,26	77,31	13,95	
6 A	10,5	23,9	2,04	5,9	—	30,39	5,50	48,81	74,82	15,18	
B	8,6	23,1	1,22	2,3	—	32,70	12,33	45,63	73,22	25,63	
B/C	13,4	20,7	0,43	0,4	—	34,34	19,00	39,36	73,05	20,27	
9 A	10,2	27,6	7,5	22,5	13,6	8,93	12,01	65,80	72,62	18,22	
A _{1e}	5,1	28,3	2,6	8,9	12,1	19,82	1,88	69,65	86,76	2,37	
A _{2e}	3,6	27,8	1,6	5,0	6,0	18,22	2,73	73,31	88,11	6,40	
B	5,4	22,7	1,6	8,3	0,04	21,85	18,13	48,03	78,58	13,45	
G	1,7	28,4	0,3	13,1	3,6	23,52	3,35	70,02	89,14	7,50	
12 A	3,9	36,1	3,1	18,9	26,3	15,93	—	76,43	83,47	2,20	
A _e	3,6	28,8	1,0	3,6	34,3	18,01	2,84	76,63	91,11	5,05	
A _g	2,2	26,4	0,5	—	9,5	12,01	17,01?	70,46	91,84	3,21	
24 A ₁	4,2	37,8	1,80	16,7	15,3	4,17	0,53	91,62	75,81	9,69	
A ₃	4,3	22,7	1,00	8,2	11,4	1,42	—	94,51	83,19	—	2,07
B ₁	6,9	27,2	0,80	10,9	7,0	18,97	—	82,77	84,29	—	0,80
B ₂	8,7	21,4	0,60	7,7	8,9	20,41	0,08	69,67	85,46	0,30	
B ₂	11,5	—	0,60	5,5	—	—	—	41,20	—	—	
19 B	5,9	—	0,83	0,8	—	29,95	54,13	—	—	—	
C ₁	—	—	—	3,4	—	50,30	—	34,99	—	—	
C ₂	4,5	—	0,50	—	—	—	—	—	—	—	
C ₃	5,4	18,3	0,39	3,9	3,13	37,12	—	53,13	87,52	2,51	
C ₄	6,3	16,4	0,32	1,9	6,05	55,85	—	27,85	81,90	1,27	

En cuanto a la cantidad de gibsita, parecen existir suelos que la contienen, además de en la arcilla, en el suelo. En otros hay que suponer que parte del Al_2O_3 , considerado como gibsita, está combinado con la sílice formando ilita.

En todos los suelos existe cuarzo en bastante abundancia, pero mucho mayor en los perfiles 9, 12 y 24, como era lógico suponer, dada su procedencia. Además, en éstos, todo el cuarzo parece ser de origen primario, mientras que en los restantes, en parte al menos, debe ser de origen secundario.

El hierro suele estar más hidratado en los suelos que en las arcillas y, con algunas excepciones, debe ser amorfo y de tipo limonita.

Podríamos resumir la composición media de suelos y arcillas para los dos conjuntos de suelos que venimos considerando: suelos arcillosos y suelos arenosos:

TABLA 35

	ARCILLAS		SUELOS		
	Caolinita	Gibsita	Caolinita	Gibsita	Cuarzo
Suelos arcillosos....	73,11	18,35	21,74	10,73	45,65
Suelos arenosos.....	84,52	5,70	15,27	3,77	77,49

(En el cálculo de la gibsita no hemos tenido en cuenta los horizontes 4 y 12 A_g , cuyos valores parece no sé ajustan a la realidad.)

La composición mineralógica de estos suelos viene expresada también por los resultados de análisis óptico para las arenas y de análisis térmico diferencial y rayos X para las arcillas y los suelos en su conjunto. Los primeros los resumimos en la tabla 36.

Se puede ver la presencia abundante de cuarzo en todas las arenas, más abundante en los perfiles 9, 12 y 24, y, en los horizontes de los distintos perfiles, menos acusada en los horizontes B. En cambio, en éstos es mayor la presencia de concreciones férricas, generalmente depositadas sobre los granos de cuarzo, y la existencia de limonita. La pequeña cantidad de cuarzo en los horizontes 4 y 12 A_g , juntamente con la presencia de moscovita en este último, justifican que la cantidad de gibsita deducida por el cálculo debe ser inferior a la que en realidad existe.

Las plagioclasas encontradas en los perfiles 9 y 12 indican su resistencia al ataque químico, hecho ya conocido, y explican el aumento de la cantidad de arena

Es digno de destacar en el estudio óptico de las arenas la presen-

cia en el horizonte A_k del perfil 12 de moscovita, en parte transformada en ilita o hidromica. El tránsito de una a otra, según indica Winchell (73), se produce por hidratación y paso del cristal biáxico, con carácter óptico negativo y $2V = 35^\circ$, a uniaxial del mismo signo, hecho que hemos observado.

TABLE 36
Composición mineralógica de las arenas

	Cuarzo	Concreciones férricas	Limonita (Oligisto)	Otros minerales
2 A.....	+++++	++	.	.
B.....	+++	+++ (depositadas sobre el cuarzo).	+	.
B/C...	+++++	++ (depositadas sobre el cuarzo).	.	.
4	++	++ (de color amarillo-rojizo sobre el cuarzo).	++	.
5 A.....	+++++	+ (color rojizo).	+	.
6 A.....	+++++	+	+	.
B.....	+++++	++ (sobre el cuarzo).	++	++
B/C...	+++++	++	+	.
9 A.....	+++++	+	+	.
A_{1e} ..	+++++	.	.	.
A_{2e} ...	+++++	.	.	+
B.....	+++	+++	++	.
G.....	+++++	.	.	.
12 A.....	+++++	.	.	+
A_e ...	+++++	.	.	+
A_g ...	++	.	.	+++
				Moscovita e hidrómica (ilita).
19 C_2	+++++	.	+++	.
C_4	++	+++	+++++	.
24 A_1	+++++	.	.	.
A_3	+++++	.	.	.
B_1	+++++	++	+	.
B_2	+++++	+	+	.

Los resultados de análisis térmico diferencial y rayos X vienen expresados en la siguiente tabla:

TABLA 37

	S U E L O					A R C I L L A			
	Caolinita	Gibbsite	Goetite	Illite	Cuarzo	Caolinita	Gibbsite	Goetite	Illite
2 A.....	∅	+++ -	+++ †	?	++++	∅	+++ -	+++	++++
B.....		+++	+++ -		++++		+++	+++	++++
B/C.....		+++ †	-		++++ -		-	+	
4		+++ -	+++		++++ -		+++		
5 A.....		+ -	+++ -		++++	∅	+++	+	
B.....	∅	+	-	?	++++ -		+	+-	
6 A.....		+ -	+ -		++++	∅	+++ -	+++	+++
B.....		+++	+++		++++ -		+++	+++ -	
B/C.....		+++ -	+++		++++ -		+	+	
19 B.....	∅	+	+++++++						
C ₁		+++ -	+						
C ₃		+++				+++++ -		+	
C ₄		+++ †	-			+++++ -		+	
9 A.....		+ -	+++	-	++++	∅	+++	+ -	
A _{1e}		+	+ -		++++		+++	+ -	
A _{2e}		-	+		++++		+++ -	+ -	
B.....		+ -	+++ †		++++		+++ -	+ -	
G.....		-	-	?	++++		+++ -	+ -	
12 A.....		+ -			++++		+++	-	
A _e		+			++++ -		+++ -	-	
A _g	∅	+	-	+ -	++++ †		+++ -	-	
24 A ₁		-			++++ †	∅	+++ -	+	+++
A ₂					++++ †		+++ -	+	-
B ₁		+ -			++++ †		+++	-	-
B ₂		+++			++++		++++ -	-	-
B ₂ '.....		+ -			++++		+++	-	-

(++++ = superabundante; +++ = muy abundante; ++ = abundante; + = poco abundante; - = muy escaso; ∅ = identificados por rayos X también.)

Los resultados obtenidos por el análisis térmico diferencial, algunos de ellos confirmados por rayos X, están en buena concordancia con los obtenidos por cálculo a partir del análisis químico, lo que indica la validez de este modo de operar. Las discrepancias mayores están en la cantidad de gibsita de 4 y, sobre todo, de 12-A_g, que ya indicábamos no debía ser correcto el cálculo.

La capacidad de cambio puede también darnos una idea de los minerales existentes. En la tabla 38 resumimos los datos. Para la confección de esta tabla, en las columnas 1 y 3 se dan los valores determinados experimentalmente; en la 2, el valor que se obtiene suponiendo que lo expresado por caolinita es, en realidad, ese mineral, y en 4, lo calculado para el suelo con los valores de caolinita del análisis y la capacidad de cambio de bases obtenida para este mineral en la columna 2.

TABLA 38

	1 Arcilla exp.	2 Caolinita calculado	3 Suelo exp.	4 Suelo calculado	5 Materia orgánica %
2 A.....	21,1	30,7	16,5	8,6	3,71
B.....	19,8	27,5	11,0	10,6	1,48
B/C.....	25,1	30,4	7,7	12,7	0,25
4	18,1	26,5	6,3	5,2	0,70
5 A.....	17,3	25,1	13,7	6,5	4,60
B.....	20,4	26,3	7,5	9,1	1,80
6 A.....	23,9	31,9	10,5	9,7	2,04
B.....	23,1	31,6	8,6	10,3	1,22
B/C.....	20,7	28,4	13,4	9,7	0,43
19 C ₃	18,3	20,9	5,4	7,7	0,39
C ₄	16,4	20,0	6,3	11,2	0,32
9 A ₁	27,6	38,0	10,1	3,4	7,50
A _{1e}	28,3	32,6	5,1	6,4	2,60
A _{2e}	27,8	31,5	3,6	5,7	1,60
B.....	22,7	28,8	5,4	6,2	1,60
G	28,4	31,8	1,7	7,5	0,30
12 A.....	36,1	43,1	4,0	7,5	3,10
A _e	28,8	31,6	3,6	5,7	1,00
A _g	20,4	28,7	2,2	4,4	0,50
24 A ₁	37,8	49,8	4,2	2,1	1,80
A ₂	22,7	27,3	4,3	0,5	1,00
B ₁	27,2	32,3	6,9	6,1	0,80
B ₂	21,4	25,0	8,7	3,1	0,60

La capacidad de cambio de las arcillas es muy análoga en todas y alrededor de 28 meq. por 100 gramos, con excepción de las de los horizontes A de los perfiles 9, 12 y 24, en algunos de los cuales se ha comprobado ilita por rayos X (el 24 A₁, que tiene el máximo de capacidad de cambio), y en los otros es probable su existencia por otras consideraciones. El valor de 28 meq. es un poco alto para caolinita, por lo que es posible la presencia de haloisita más o menos hidratada; a pensar esto contribuye el que el pico endotérmico de las arcillas es, en general, asimétrico, lo que, según Bramao (67) y Muñoz Taboade-la (46), correspondería a este tipo de arcilla.

Los resultados de la capacidad de cambio de los suelos vienen influenciados por varios factores. En general, en los horizontes A el valor calculado a partir de la capacidad de cambio de la arcilla y la cantidad de ésta es inferior al obtenido experimentalmente, y a ello contribuye la cantidad de materia orgánica. Un cálculo aproximado de la capacidad de cambio de la materia orgánica de estos horizontes, da el siguiente resultado:

TABLA 39

Muestra.....	2 A	5 A	6 A	9 A	24 A
Capacidad cambio...	213	156	40	90	117

Los valores son un poco bajos, salvo quizá para 2A y 5A, lo que demuestra mediana humificación.

En el suelo 4, el exceso de capacidad de cambio experimental sobre lo calculado puede ser debido a la presencia de mayor cantidad de caolinita en el suelo, como ya indicamos, pero con pequeña capacidad de cambio, por ser poco dispersable.

Como los resultados experimentales son menores que los calculados, principalmente en horizontes B, hay que suponer que el hierro recubre las partículas de arcilla y disminuye de este modo su capacidad de cambio.

La presencia de gibsita en suelos y arcillas en estos suelos tropicales la han puesto de manifiesto muchos autores, entre los cuales podemos citar a Fripiat y colaboradores (68), que indican que la gibsita se produce en mayor cantidad en los suelos con vegetación de savana, menos en savana arbustiva, y menos aún en bosques umbrófilos. Baztos de Macedos (69) indica acumulación de Al₂O₃ en suelos derivados de rocas ácidas, y de Fe₂O₃ cuando las rocas son básicas. Laplan-

te (70), estudiando suelos rojos lateríticos formados sobre basaltos del Camerún, encuentra arcilla constituida por 50-80 por 100 de caolinita e hidróxidos de hierro y aluminio. También indica que existe frecuentemente cuarzo, probablemente de nueva formación. D'Hoore (71) cree que la presencia de gibsita y de cristales poco definidos y atacados de caolinita, significan una acumulación relativa. La asociación de gibsita con caolinita mal cristalizada también la ponen de manifiesto Fripiat y colaboradores (72).

En general, encontramos que existe mayor cantidad de gibsita en suelos que en arcillas, lo que supone que parte de la gibsita no se dispersa y no pasa a la arcilla.

CONCLUSIONES

Se estudian suelos de Guinea continental española, en los que, ya descriptivamente, se reconocen dos grupos: los formados a partir de una roca eruptiva (aunque a veces ésta no se pueda reconocer), y los formados por sedimentos muy lavados o a partir de una roca sedimentaria. La génesis, composición mineralógica y mecánica de estos suelos resulta diferente, como se ha podido demostrar, y los resultados se expresan en las siguientes conclusiones:

1.^a Desde el punto de vista mecánico, el grupo de suelos derivados de rocas eruptivas tiene valores de arcilla del 40 por 100, aproximadamente, y les denominamos suelos arcillosos, y el otro grupo de suelos sólo alcanza valores comprendidos entre 20-25 por 100 (suelos arenosos), con valores para algunos horizontes, muy bajos. Por otra parte, mientras en los primeros la relación arena/arcilla es aproximadamente 1, y el limo relativamente alto, 0,1, en los arenosos la relación arena/arcilla es, en general, mayor que 3, y el limo relativamente bajo; los horizontes de lavado de estos suelos tienen, además, una relación arena/arcilla muy alta.

2.^a Químicamente, el ataque se manifiesta como muy fuerte, con lavado de metales alcalinotérreos y, en parte, sílice y hierro. En algunos suelos se pone de manifiesto la resistencia al ataque de plagioclasas sódicas y de moscovita.

3.^a La movilización de la sílice viene influenciada por el pH del suelo y el drenaje: en los suelos con drenaje impedido hay acumulación de SiO_2 en el horizonte B/C. Existe una pérdida de SiO_2 en el paso de suelo a arcilla, lo que indica que los minerales constitutivos de ésta tienen menos sílice que los de la arena, donde parece acumularse cuarzo. Esta acumulación se ha puesto de manifiesto ópticamente.

4.^a La presencia de cuarzo puede tener dos orígenes: existencia en el material original, o cuarzo primario, y nueva formación. Se ha podido demostrar que en los suelos arcillosos el cuarzo es totalmente, o en parte, de origen secundario, mientras que en los arenosos es todo él, seguramente, de origen primario.

5.^a Los valores de la razón molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ en suelos, indican la presencia de cuarzo y son mucho mayores en suelos arenosos, con una media de 35,4, frente a 3,5 para suelos arcillosos. Este cuarzo se ha podido reconocer por análisis térmico diferencial y por rayos X.

6.^a La razón molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ en arcillas es inferior a 2, e indica la ausencia de cuarzo y presencia de óxidos de aluminio hidratados. También son algo mayores los valores para suelos arenosos que para suelos arcillosos. El cociente suelo/arcilla para estas razones da un valor mucho mayor en los suelos arenosos, lo que supone mayor pérdida de sílice al pasar de suelo a arcilla.

7.^a El hierro se lava al estado ferroso y su movilización depende fundamentalmente de la aireación. Por eso, en suelos arenosos y bien aireados, se oxida y no se lava; existe así una génesis de hierro mayor en suelos que en arcillas.

8.^a Los valores de la razón molecular $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ son siempre mayores en arcillas que en suelos, pero mientras en los suelos arenosos se presenta un mínimo para el suelo en el horizonte de lavado y un máximo en el horizonte B, en los suelos arcillosos el mínimo resulta en estos horizontes B. La explicación estriba en que en los suelos arenosos, muy aireados, el hierro queda, en parte, oxidado e inmovilizado en los horizontes superiores, y, en cambio, emigra la arcilla, que contiene mayor cantidad de Al_2O_3 . Esto significa una movilización de aluminio al estado de arcilla.

9.^a La conclusión anterior no está en desacuerdo con una emigración del hierro, con decoloración, en los horizontes de lavado, pues en este caso se trata de cantidades absolutas de hierro.

10. La composición mineralógica de arcillas se ha realizado por cálculo a partir del análisis químico, análisis térmico diferencial, rayos X y capacidad de cambio de bases. Los resultados son bastante concordantes y dan como minerales característicos un mineral de tipo caolín, gibsita, y en los suelos arcillosos goetita, mientras que en los arenosos hay geles de hierro. Los suelos arenosos tienen mayor cantidad de caolinita y menos gibsita en la arcilla que los arcillosos, con valores para caolinita de 84 y 73, y para gibsita de 5 y 18, respectivamente. La capacidad de cambio de bases es de 28 meq. por 100, apro-

ximadamente, lo que indica que puede haber algo de haloisita más o menos hidratada.

11. En los suelos existe, además de la caolinita y gibsita correspondiente a su arcilla, cuarzo. Hay suelos que contienen más gibsita que lo que corresponde a su arcilla, probablemente en la fracción limo, y en algunos también caolinita. En determinados suelos arenosos existe illita, así como en sus arcillas, lo que se ha demostrado por rayos X, y poseen mayor capacidad de cambio.

12. La comparación de los valores de la capacidad de cambio de suelos y arcillas permite comprobar, en ciertos casos, mayor cantidad de caolinita que la que corresponde a su arcilla, y en otros, que el hierro recubre las partículas de arcilla y disminuye la capacidad de cambio; esto se presenta preferentemente en los horizontes B.

Estación Experimental del Zaidín

RESUMEN

Se estudia la génesis de suelos en la Guinea continental española, reconociendo dos grupos: suelos arcillosos, formados a partir de una roca eruptiva (norita hiperstenica, granito hornbléndico), y suelos arenosos, en los que el material primario es una roca sedimentaria o un sedimento (sedimentos gleyzados, arenisca cementada por caliza).

El primer grupo, integrado por limos pardos, amarillos y lateríticos, presenta un valor medio para la fracción arcilla del 40 %, mientras que éste es para los suelos arenosos, syrogley, ranker y limos pardos decolorados, solamente del 20 a 25 %.

La formación de suelos tiene lugar por ataque químico de la roca madre y formación de nuevos minerales de tipo caolinita, gibsita, y en los suelos arcillosos goetita.

El ataque es muy intenso, con lavado de elementos alcalino-térreos y en parte hierro y sílice. El lavado del hierro en la forma ferrosa y su movilización dependen fundamentalmente de las condiciones de aireación. La movilización de la sílice viene influenciada por el pH del suelo y el drenaje.

MINERALOGICAL COMPOSITION AND FORMATION OF SOME SOILS IN SPANISH CONTINENTAL GUINEA

SUMMARY

This paper deals with the study of the genesis of soils in Spanish Continental Guinea where two groups of soils are found: clayey soils formed from an eruptive rock (hyperstenic norite, hornblende granite); and sandy soils in which the primary material is a sedimentary rock or a sediment (gleyized sediments, sandstone cemented by limestone).

The first group, formed by brown, yellow and latheritic silts have a mean value for the clay fraction of 40 % whereas this value is only 20-25 % in the sandy soils, syroogley, ranker and bleached brown silts.

The formation of the soils occurs by the chemical attack of the parent rock and the formation of new minerals of the kaolinite, gybsite type and in clayey soils, of geotite.

The attack is very strong with carrying off of alcalino-terreous and some iron and silica. The iron leaching in ferreous form and its mobilization depend mainly on the airing conditions. The mobilization of silica is influenced by the soil pH and drainage.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) FOURMARIER, P. 1926. Les traits directeurs de l'évolution géologique du continent africain. C. N. XIV. Conf. Geol. Int.
- (2) BAGUENA, L. 1950. Guinea. Manuales del Africa española. Idea. Madrid.
- (3) NOVO, P., y MENDIZÁBAL, J. 1934. Reconocimiento geológico minero de la Guinea Continental española. Public. Dir. Gral. Marruecos y Colonias. Madrid.
- (4) LIZAUR y ROLDAN, J. 1944-45. Geología y Geografía Física de la Guinea continental española. Public. Dir. Gral. Marruecos y Colonias. Madrid.
- (5) ALIA, M., y FUSTER, J. 1948. Nota preliminar de unas investigaciones geológicas en la Guinea continental española. Est. Geol. núm. 10.
- (6) FUSTER, J. 1949. Algunas características petrográficas de los territorios españoles del Golfo de Guinea. Idea.
- (7) FUSTER, J. 1950. Dos expediciones geológicas a nuestra Guinea. Idea.
- (8) FUSTER, J. 1950. Estudio petrográfico de la Guinea continental española. Idea.
- (9) NOSTI, J. 1947. Notas geográficas, físicas y económicas sobre los territorios españoles del Golfo de Guinea. Idea. Madrid.
- (10) MOHR, E. C. J. 1930. Tropical soil forming processes and the development of tropical soils. Coll. Agric. Coiv. Philippines.
- (11) MILNE, G. 1947. A soil reconnaissance journey through part of Tanganyika Territory. J. Ecology, 33, 192.
- (12) ROBINSON, C. E. 1949. Soils. Their origin, constitution and classification. London.
- (13) GREENE, H. 1950. Trans. Fourth Congr. of Soil Sci. IV, 124.
- (14) MOHR, E. C. J. 1950. Ibid., IV, 125.
- (15) KUBIENA, W. 1950. Ibid., IV, 125.
- (16) KELLOG, C. E. 1949. Preliminary suggestions for the classification and nomenclature of great soil group in tropical and ecuatorial regions. Proc. First, Commonwealth Conf. on Tropical and Subtropical Soils. Tech. Comm. 46, pág. 78.
- (17) WAEGEMANS, G. 1948. Latérisation et Latérites. Centre Colonial du Documentation et Coordination des Recherches Chimiques. Bruxelles.
- (18) PENDLETON, R. L. 1936. On the use of term laterite. Am. Soil Survey Assoc. Bull. 17.
- (19) PENDLETON, R. L., y SHARASUVANA, S. 1946. Analysis of some siamese laterites. Soil. Sci., 62, 423.
- (20) CAMPBELL, J. M. 1917. Laterite, its origin, structure and minerals. Mining Mag. 17, 67.
- (21) STEPHENS, C. J. 1946. Austr. Counc. Sci. Ind. Res Bull., 206, 1.
- (22) HARDY, F., y FOLLET-SMITH, R. N. 1931. J. Agric. Sci., 21, 739.

- (23) HARRASSOWITZ, H. 1926. Laterit. *Forsch. Geol. Paleont.*, 4, 253.
- (24) MARTIN, F. J. y DOYNE, R. C. 1927. Laterite and lateritic soils in Sierra Leona. *J. Agric. Sci.*, 17, 310.
- (25) VAN DER WOORT, M. 1950. The lateritic soils of Indonesia. *Trans Fourth Cong. Int. Soil Sci.*, I, 277.
- (26) KELLOG, G. E., y DAVOL, F. D. 1949. An exploratory study of soil groups in the Belgian Cong. *Institut National pour l'étude agronomique du Congo Belge. Serie scientifique núm. 46.* Brussels.
- (27) AUBERT, G. 1954. Les sols latéritiques. *Trans. Fifth Int. Congr. of Soil Sci.*, I, 103.
- (28) MOHR, E. C. J., y VAN BAREN, F. A. 1954. Tropical soils., pág. 353. London.
- (29) BOTELHO DA COSTA, J. V. 1954. Sur quelques questions de nomenclature des régions tropicales. *C. R. II. Conf. Inter. afr. sols.* Leopoldville.
- (30) LACROIX, A. 1923. *Minéralogie de Madagascar*, t. III.
- (31) HARRISON, J. B. 1933. The katamorfism of igneous rock under humid tropical conditions. *Imp. Bur. Soil Sci. Harpenden.*
- (32) GREENE, H. 1950. So-called irreversible laterisation. *Trans. Fourth Int. Cong. Soil Sci.*, II, 175.
- (33) DIETRICH, W. G. 1951. *Die Dynamik der Boden in der feuchten Tropen.* Berlin.
- (34) EDELMAN, CH. 1950. The isoelectric formation of lateritic soil. *Trans. Fourth Int. Cong. Soil Sci.*, I, 308.
- (35) WAEGEMANS, C. 1951. Latérites et Bauxites. *Bull. Agric. Congo Belge*, XLII, 567.
- (36) WAEGEMANS, C. 1950. La Latéritisation. *III Congr. Nat. Sciences.* Bruxelles.
- (37) WAEGEMANS, G. 1950. Authigénese, alteration des minéraux argileux et lateritisation dans les régions intertropicales. *Trans. Fourth Int. Congr. Soil Sci.*, III, 145.
- (38) KUBIENA, W. 1950. Zur Mikromorphologie der braunen und roten Tropenboden. *Trans. Fourth Int. Congr. Soil Sci.*, I, 364.
- (39) KUBIENA, W. 1956. Rubefisierung und laterisierung. *Papports VI Congr. Int. Soil Sci.*, E, 247.
- (40) KUBIENA, W. 1952. Claves sistemáticas de suelos. Madrid.
- (41) KUBIENA, W. 1948. Die Entwicklungslehre des Bodens. Viena.
- (42) GRAENE, A. DE, y LARUELLE, J. 1956. Les latosols à «scoriace atypique dans le nord-Est du Congo Belge. Leur génèse. Raports VI Congr. Int. Soil Sci. E., 959.
- (43) EICHENBER, A. 1927. Die Entstehung der Roterden und Lateriten. *Z. Pflanzenz. und Bodenk.* 8 A. Berlin.
- (44) ALIA, M. 1950. Datos geomorfológicos de la Guinea continental española. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 48, 247.
- (45) ALIA, M.; ALVIRA, T. y MUÑOZ TABOADELA, M. 1952. Estudio geológico edáfico de algunos suelos de la Guinea continental española. *An. Edaf. y Fis. Veg.*, XI, 1.
- (46) MUÑOZ TABOADELA, M. 1953. The clay mineralogy of some soils from Spain and from Río Muni. (West Afrika). *J. Soil Sci.*, 4, 48.
- (47) HOYOS, A. 1952. Impresiones edafológicas de los territorios españoles del Golfo Guinea. *IDEA*, VI, 23, 69.
- (48) ALBAREDA, J., ALEIXANDRE, V. y SÁNCHEZ CALVO, M. 1955. Estudio químico edáfico del braunlehm de la Guinea continental española. *An. Edaf. y Fis. Veg.*, XIV, 185.
- (49) ALBAREDA, J., ALEIXANDRE, V. y SÁNCHEZ CALVO, M. 1955. Caracterización de las arcillas del braunlehm de la Guinea continental española. *Ibid*, XIV, 543.

- (50) ALBAREDA, J., ALEXANDRE, V. y SÁNCHEZ CALVO, M. 1954. Etude pedologique mineralogique de quelques sols de la Guinée Continentale Espagnole. Trans. Fifth Int. Congr. Soil Sci., IV, 351.
- (51) KUBIENA, W. 1954. Micromorphology of laterite formation in Rio Muni (Spanish Guinea). *Ibid.*, IV, 77.
- (52) KUBIENA, W. 1955. Ueber die Braunlehmrelikte des Atakor. *Erdkunde*, IX, 115.
- (53) KUBIENA, W. 1955. Les sols de Territoires Espagnoles du Golf du Guinée. III Réunion de la C. R. A. C. C. U. S. Fernando Póo.
- (54) KUBIENA, W. 1956. Materielen zur Geschichté der Bodenbildung auf den Westkanaren. *Rapports VI Congr. Int. Soil Sci., Vol. E., 241.*
- (55) RODRÍGUEZ, J. 1955. Suelos de Guinea insular española. Tesis doctoral. Madrid.
- (56) HOYOS, A., RODRÍGUEZ, J. y SOLER, V. 1955. Estudio comparado de los caracteres químicos y de fertilidad de los suelos canarios y de Guinea insular española. XVIII Congr. Int. Quím. Ind. Madrid.
- (57) HOYOS, A., RODRÍGUEZ, J., SOLER, V. y PINO, C. DEL. 1956. Etude comparative des sols tropicaux et subtropicaux. *Rapports VI Congr. Int. Soil Sci. Vol. E., 371.*
- (58) HOYOS, A., RODRÍGUEZ, J., SOLER, V. y PINO, C. DEL. 1956. Génèse du sol dans les régions tropicales humides. *Ibid.* Vol. E., 307.
- (59) HOYOS, A. y ALIAS, L. 1956. Contribution à l'étude des concrétions latéritiques de la Guinée Continentale Espagnole. *Ibid.* Vol. E., 377.
- (60) GALLEGO, R. 1956. Investigation chimique des différentes phases de la latéritisation à la Guinée Continentale Espagnole. *Ibid.* Vol. E., 473.
- (61) PÉREZ MATOS, J. 1957. Aplicación del índice de los minerales básicos para deducir la fertilidad de los suelos en los trópicos. *An. Edaf. y Fís. Veg., XVI, 29.*
- (62) TAMM, O. 1934. Om de lågproduktiva sandmarkerna a Hokensas och i ovre Lagadalen. *Medd. fran Statens skogs forsoksanstalt. Rabie 30, 1.*
- (63) DARRELL, A. RUSSELL. 1954. A Laboratory Manual for Soil Fertility Students. Department of Agronomy University of Illinois. 12.
- (64) CAPITÁN, F. y LA CHICA, M. 1955. Aplicaciones analíticas espectrocolorimétricas del sistema $Cr_2O_7 = Cr^{+++}$. III. Determinación del contenido en materia orgánica en suelos. *An. Edaf. y Fís. Veg., XIV, 565.*
- (65) MALLOL, A. Un método rápido de kjeldahlización por la asociación catalítica selenio-ácido perclórico. Tesis Doctoral.
- (66) JACOB, L. 1944. Guía para análisis químico de rocas. Trad. Esp. Raurich, E. y Castello, M.— C. S. I. C.
- (67) BRAMAQ, L., CADY, J. G. y HENDRICKS, S. B. The determination of halloysite and its use in the study of red soils. Trans. Fourth Int. Congr. of Soil Sci., VI, 613. Amsterdam.
- (68) FRIPIAT, J. J., GAZTUCHE, M. C., COUVREUR, J. y FUCAN, A. 1954. Les argiles des sols de l'Uele. Trans. Fifth Int. Congr. Soil Sc., V, 237.
- (69) BAZTOS DE MACEDOS, J. M. 1954. Note on development of ferralite soils from acid and basic rocks. Trans. Fifth Int. Congr. Soil Sci., V, 175.
- (70) LAPLANTE, A. 1954. Les sols rouges latéritiques formés sur les basaltes anciens au Cameroun. *Ibid.* V, 140.
- (71) D'HOORE, J. 1954. Clay mineral and gibbsite crystals as clues to the mode of formation of ancient sesquioxide accumulation zones. *Ibid.* V, 45.
- (72) FRIPIAT, J. J., GAZTUCHE, M. C., COUVREUR, J. y FUCAN, A. 1954. Les argiles des sols de la région de Kaniaura. *Ibid.* V, 343.
- (73) WINCHELL, A. N. 1932. Elements of Optical Mineralogy. Part. II. 268.

ESTUDIOS SOBRE YODO EN SUELOS

por

R. GALLEGO y S. OLIVER

INTRODUCCIÓN

El yodo es un ejemplo típico de elemento ampliamente distribuido. Es un microcomponente de todas las plantas y animales, siendo sus fuentes de procedencia el suelo, el aire y el mar.

La investigación de yodo en plantas comenzó, como toda investigación sobre yodo, con el descubrimiento de este elemento en cenizas de algas marinas por Bernard Courtois, hacia fines del año 1811.

Los investigadores de la primera mitad del siglo XIX se interesaron principalmente en confirmar el descubrimiento de Courtois y averiguar si el yodo existe o no en especies de plantas marinas, distintas de aquellas en que él encontró el elemento. Sus datos son puramente cualitativos, y hoy tienen solamente un interés académico; sin embargo, contribuyeron a la investigación de dos modos: nos ayudaron a alcanzar la conclusión general de que todas las algas marinas contienen yodo, y a través de estos primeros estudios, los métodos analíticos para la determinación cuantitativa de yodo se perfeccionaron gradualmente en beneficio de los investigadores posteriores.

Los trabajos publicados muestran que la cantidad de yodo en las algas marinas está sujeta a amplias variaciones regionales, estacionales y específicas. Tal vez, la mayor atención analítica se ha prestado a los géneros *Laminaria*, *Fucus*, *Phyllophora* y *Ecklonia*, porque son bastante frecuentes y dan los mayores rendimientos en yodo (1).

A continuación del descubrimiento del yodo en la vegetación marina, los investigadores fijaron su atención en las plantas terrestres y, no sin razón, primero investigaron este elemento en especies acuáticas terrestres, y en plantas localizadas cerca del mar.

La primera investigación sistemática sobre la distribución del yodo

en la masa terrestre fué iniciada en 1850 por el botánico y químico francés G. A. Chatin (2), que indicó, por vez primera, que la deficiencia en yodo en el medio ambiente (aire, agua, suelo y alimento) se asocia con la existencia del bocio en el hombre.

Hasta 1899 no aparecieron referencias sobre datos cuantitativos. En ese año P. Bourcet (3) publicó los resultados de sus análisis sobre 28 especies de plantas diferentes, encontrando valores que oscilaban entre 0 p. p. m. en las patatas y 0,94 p. p. m. en el ajo. Y A. Gautier (4), también en 1899, manifestó que ciertas algas de agua dulce contenían de 0,25 a 2,40 miligramos de yodo por 100 gramos de material seco.

Los botánicos y bioquímicos empezaron a mirar el contenido en yodo de las plantas terrestres desde dos puntos de vista bastante diferentes. Por una parte, los fisiólogos vegetales se interesaron en conocer, si el yodo tenía alguna misión específica en la vida de las plantas en que se encuentra, o si es absorbido incidentalmente por la planta del medio nutritivo en que vive. De acuerdo con esto, analizaron tantas especies como fué posible, para ver si todas contenían yodo. Si se encontraba una especie sana y fisiológicamente completa, sin contener nada absolutamente de yodo, sería una clara deducción de que el yodo no es esencial para la vida de todas las plantas. Tales especies de plantas no se encontraron. Parece que todas las plantas terrestres contienen yodo, aunque en pequeñas cantidades.

El segundo punto de vista sobre el contenido en yodo de las plantas concierne casi enteramente al siglo xx, y se inició con el descubrimiento de una nueva ciencia, la nutrición humana y animal.

Cuando se conoció en 1895 que el yodo es un constituyente normal de la glándula tiroides, y un elemento esencial para la vida de los animales superiores, se dieron nuevos ímpetus a la investigación sobre yodo, y apareció en todas partes del mundo un enorme número de datos cuantitativos sobre el valor nutritivo de las diferentes plantas alimenticias como fuentes de yodo para el hombre y los animales.

W. H. Adolph y colaboradores (5) (6) estudiaron los problemas de nutrición en China, llegando a la conclusión de que en las regiones no afectadas por el bocio, la cantidad de yodo ingerida en los alimentos es superior a la mínima requerida, mientras que en los afectados es inferior.

I. Ribas Marqués (7) hizo un estudio sobre los bioelementos de los alimentos procedentes del mar, diciendo que son más ricos en yodo que los originarios de la tierra.

Según W. Stiles (8), el hombre aparece más expuesto al bocio que

los animales, y en Gran Bretaña, donde los animales raramente son afectados, existen áreas, particularmente en Derbyshire, donde la existencia del bocio es bastante frecuente, y donde tienen que tomarse medidas especiales en el modo de administrar el yodo para combatirla.

W. T. Binnerts (9) encontró que el contenido en yodo de la leche variaba según que el área de donde provenía estuviese o, no afectada por el bocio.

J. F. McClendon y J. Gershon Cohen (10) previenen el bocio en ratas, administrándoles alimentos cultivados con abonos ricos en yodo.

G. Fischer (11) dijo que el yodo se encuentra principalmente en combinaciones orgánicas y parece que tiene relación con el contenido en clorofila, caroteno y vitamina A de las plantas. R. E. Remington encontró que el yodo está concentrado en las partes de la planta que contienen más clorofila. Y. A. Gautier (4), mucho antes, aseguró que todas las plantas que contienen clorofila contienen yodo.

Ordinariamente la serie de valores oscila entre 10 y 100 gamas de yodo en 100 gramos de materia seca. Esto es, unas 10.000 veces menos que las cantidades presentes en las algas marinas más ricas.

T. von Fellenberg (12) indica que el rocío contiene yodo; que el contenido en yodo del aire aumenta con la evaporación del rocío y que el aire cercano al suelo es más rico en yodo que el situado a alguna distancia de él.

El yodo que está presente en estado libre en el aire es llevado al suelo por la lluvia y allí es parcialmente absorbido por la materia orgánica.

J. A. Heyman piensa que es muy probable que las plantas absorban más yodo del aire que del suelo. Lo mismo afirman M. von Wrangell, que considera que las plantas obtienen su principal fuente de yodo de la atmósfera, por absorción, a través de las hojas.

H. P. Newton y S. J. Toth (13) determinan yodo en plantas y suelos de New Jersey, no encontrando ninguna relación entre el contenido de unos y otros. A la misma conclusión llegan G. W. Butler y J. M. Johnson (14) sobre el contenido en yodo de pastos y suelos de Nueva Zelanda.

El contenido en yodo de las plantas puede aumentar por simple adición de yodo al medio nutritivo.

Parece ser que el yodo juega un papel positivo en la actividad microbiana del suelo, y este factor debe tenerse en cuenta cuando se evalúa el efecto del yodo sobre el crecimiento de plantas superiores.

Se han reconocido enfermedades de plantas asociadas con deficiencia de determinados micronutrientes, como manganeso, boro, hierro,

molibdeno y otros; sin embargo, no se conoce ninguna enfermedad de plantas específicamente atribuida a deficiencia en yodo. No obstante, algunos investigadores han expresado la creencia de que el yodo aplicado al suelo en forma simple, orgánica o inorgánica, capacita a las plantas para resistir mejor los ataques de enfermedades de hongos y virus.

Sobre yodo en suelos se ha trabajado en varios países, Japón, Alemania, Estados Unidos, etc. En España no disponemos de datos sobre el particular, con lo cual, dada la importancia biológica del citado elemento, se justifica el presente trabajo.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Abundancia y carácter geoquímico general.

La abundancia de yodo en los meteoritos y en las rocas ígneas, según Goldschmidt (15), es en p. p. m. la siguiente:

- Fase metálica de los meteoritos, 0,6.
- Fase triolítica de los meteoritos, desconocida.
- Fase silicatada de los meteoritos, 1,25.
- Meteoritos, promedio, 1.
- Rocas ígneas, promedio 0,3.

El yodo es menos abundante que el flúor, cloro y bromo. El yodo falta en la atmósfera solar. Desde el punto de vista geoquímico, es un elemento litófilo; se encuentra en las emanaciones volcánicas. Es posible que el yodo existiese en la atmósfera primordial de la Tierra, y se condensase ulteriormente, pasando a la hidrosfera. El carácter atmófilo del yodo es todavía bastante pronunciado y quizás sea más fuerte que el litófilo. Von Fellenberg y Lunde (15) han demostrado que el yodo tiene también una tendencia clara, aunque débil, siderófila y calcófila. Además, es marcadamente biófilo, y en la litosfera superior, al igual que los otros halógenos, es oxifilo.

El yodo, a semejanza del bromo, nunca se concentra lo suficiente en las rocas ígneas para formar minerales independientes. El radio del ión yoduro, I^- , es bastante mayor que el del ión bromuro, Br^- ; por tanto, hay que desechar la posibilidad de la sustitución diadócica de los otros halógenos por el yodo. Von Fellenberg ha encontrado 0,15-0,35 p. p. m. de yodo en algunos sulfuros magmáticos iniciales. También el contenido en yodo de los minerales petrográficos comunes es del mis-

mo orden de magnitud. A semejanza del bromo, el yodo no acompaña al cloro en los minerales. Además, las determinaciones realizadas por Von Fellenberg y Lunde no indican ningún paralelismo apreciable entre la presentación del bromo y el yodo en los minerales. Se desconoce todavía la forma en que se encuentra el yodo en las rocas ígneas; aunque Von Fellenberg y Lunde suponen que los metales pesados como el cobre, plata, plomo y mercurio, pudieran combinarse con el yodo formando yoduros muy poco solubles.

Ciclo del yodo

En la atmósfera existen cantidades notables de yodo, evidentemente, en forma de vapores del elemento nativo. El contenido en yodo es mayor en las masas de aire de origen marino que en las que se forman sobre los continentes. El yodo es extraído de la atmósfera, en parte, por el agua de lluvia, y, en parte, por absorción directa, en el suelo y en las plantas. Se concentra mucho en el suelo en forma de compuestos fácilmente solubles. La concentración máxima de yodo se encuentra en el suelo cultivado. Según Goldschmidt, existe un equilibrio entre el yodo absorbido del aire por las capas superficiales humíferas del suelo y la porción extraída del suelo por el agua superficial y subterránea. Goldschmidt considera bastante probable que no se haya alcanzado todavía el equilibrio en los suelos jóvenes. Es evidente que esto tiene gran importancia práctica, si se tiene en cuenta la función fisiológica del yodo. Cauer (16) ha demostrado que durante la obtención del yodo se desprenden a la atmósfera cantidades muy considerables de este elemento. Esta fuente de yodo atmosférico tiene gran importancia fisiológica. Una parte del yodo del suelo vuelve al mar; aproximadamente, la cuarta parte de la cantidad total de yodo está contenida en los océanos.

Por lo menos, una parte del yodo se encuentra en el agua del mar en forma de yoduro y de yodato, aunque también puede existir en otras formas. Al parecer, el contenido en yodo tiene cierta relación con la salinidad del agua, aumentando proporcionalmente a ella; así, por ejemplo, el contenido en yodo del agua del mar Rojo es elevado (0,66 p. p. m.), mientras que el de la del Báltico es muy reducido (0,1 p. p. m.).

Una parte del yodo existente en las rocas se disuelve en forma de yoduros durante la meteorización. Algunas veces, cuando las soluciones ricas en yodo se ponen en contacto con metales pesados, pueden precipitar compuestos insolubles, como en el caso del cloro y del bromo. Entre los minerales que se forman en las partes superficiales de

las menas de metales pesados, merecen citarse especialmente la yodargirita (yodirita), AgI y la marshita, CuI . Algunos minerales secundarios de plomo, por ejemplo, la primorfito y la wulfenita, son especialmente ricos en yodo; sin embargo, la posibilidad de que el yodo se concentre por medios inorgánicos es muy pequeña, y todas las fuentes de importancia económica de este elemento se han formado por procesos bioquímicos remotos.

Una gran cantidad de yodo es extraída del agua del mar por la acción de varios organismos, en particular de las algas, que constituyen una fuente industrial de yodo de gran importancia. El contenido en yodo de los organismos marinos puede llegar a ser diez veces mayor que el del agua del mar. La concentración biológica del yodo tiene por consecuencia que el contenido en este elemento de las aguas costeras poco profundas sea más pequeño que el de alta mar. Se sabe que la concentración del yodo por las algas, y en particular por las diatomeas planctónicas, es el medio que hace posible la acumulación del yodo en los cienos marinos. Durante el metamorfismo, el yodo (lo mismo que el bromo) de estos cienos se disuelve en el agua y se concentra en las aguas minerales. La presencia del yodo en las salmueras del petróleo es debida a procesos semejantes.

Los sedimentos bituminosos son bastante ricos en yodo, y los yacimientos de fosfatos organógenos y muchos carbones contienen cantidades notables de este elemento. Además, está muy concentrado en los hidrolizados, siendo facilitada la absorción por la presencia de materia orgánica. Se desconoce casi por completo el contenido en yodo de los sedimentos y de las rocas sedimentarias.

Goldschmidt ha calculado que las rocas sedimentarias contienen, por término medio, 0,8 p. p. m. de yodo. En las calizas se ha citado un contenido de 0,07-0,55 p. p. m. de yodo. Entre los evaporados marinos, las sales potásicas desprovistas de magnesio suelen ser las más yodíferas. Los compuestos férricos contenidos como impurezas en estos sedimentos marinos favorecen la separación catalítica del yodo.

El yodo está muy concentrado en algunos evaporados, como los sedimentos de nitrato, así los yacimientos de nitrato de Chile son bastante ricos en yodo (200-1.700 p. p. m. de yodo; promedio, 1.500 p. p. m.). Está comprobado que las capas de nitrato son los únicos sitios donde se encuentran compuestos sólidos de yodo en abundancia. Debido al gran potencial de oxidación que existe en estos yacimientos, el yodo se encuentra en ellos en forma de yodatos, el más importante de los cuales es el yodato cálcico, lautarita $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$. Todavía se discute el origen de estos yacimientos, y no existe ninguna hipótesis sencilla que

explique todos los hechos conocidos. Se ha supuesto que el yodo se ha enriquecido en los yacimientos de nitrato por un proceso de absorción semejante al que produce su concentración en el suelo cultivado. Como la absorción se verifica en regiones áridas, es imposible el transporte del yodo, que se concentra, por tanto, en las capas de nitrato, con la oxidación subsiguiente a yodato.

Algunas aguas minerales son ricas en yodo, en particular las relacionadas con las capas petrolíferas. Estas aguas se utilizan como fuentes industriales de yodo, por ejemplo, las de Java, que tienen un contenido máximo de 150 p. p. m. de este elemento.

E. A. Ehmann (17) utiliza para caracterizar el origen de estratos y rocas su pequeño contenido de yodo, que prueba que su formación ha estado relacionada con procesos vitales.

Un proceso de separación inorgánica del yodo no es posible, porque las combinaciones del yodo presentes en la naturaleza son todas fácilmente solubles. Esto se comprueba también en los yacimientos de sales potásicas que se han formado cuando el mar estaba casi seco y por esto fuertemente enriquecido en yodo. y, sin embargo, allí falta el yodo, como ha determinado Herdmann también para la carnalita, o existe en muy pequeña concentración en comparación con la caliza rica en yodo del Jura o del Muschelkalk, según han investigado Wilke-Dörfurt y Behringer.

La caliza de Cannstatt, una formación puramente inorgánica, no contiene nada de yodo según Behringer, por esto se ha supuesto que el contenido en yodo de la calizas se debe a la actividad de los organismos. Según las experiencias de Behringer, está el yodo en su mayor parte en combinaciones orgánicas. El yodo contenido en las conchas y caparazones de los seres muertos de los mares primitivos, no se lava y desaparece, como ocurre con los órganos internos, sino que queda protegido por la sedimentación. Así, por ejemplo, en las conchas frescas hay un contenido en yodo extraordinariamente alto.

Yodo en suelos.

Mitchell (18) en 1929 estudia la relación existente entre el contenido mineral de plantas y de suelos sobre los que han crecido, en Carolina del Sur. Reseña el contenido en yodo del suelo de seis diferentes secciones del Estado, de 36 muestras vegetales y de agua de ocho ríos. Dice que hay un notable aumento del contenido en yodo del suelo desde la superficie, 142-684 p. p. b., hasta una profundidad de 18 pulgadas, 765-3.021 p. p. b.

Adolph y Prochaska (19) determinaron yodo por el método de

McClendon en alimentos producidos en los alrededores de Lincoln (Nebraska) y en muestras de agua y suelos vírgenes de diferentes partes del Estado. El contenido en yodo de los suelos fué muy bajo; cinco de las ocho muestras mostraron cantidades de yodo no apreciables y las otras tres solamente 15 p. p. b.

Beck y Schlacht (20), en 1930, afirmaron que el contenido en yodo de los suelos decrece conforme avanza el proceso de podsolización. En suelos de bosque y podsoles el mayor contenido en yodo se da en el horizonte B; en el A está por debajo del de la roca madre.

Krul (21) presenta un mapa de Holanda con la distribución del yodo en los suelos basado sobre numerosas perforaciones y análisis. En el norte y oeste el contenido en yodo de la solución del suelo es alto, como resultado de la transgresión marina; solamente en tierras de dunas viejas el contenido es inferior. Encontró un alto contenido en yodo en el subsuelo, poco lixiviado de polders (100 gammas por litro). En el este y sur el contenido en yodo es bajo, excepto para unos pocos casos especiales de suelo marino no lixiviado, en que el alto contenido en yodo (más de 200 gammas por litro) es generalmente acompañado por contenidos altos de cloro y álcali.

Reith (22), también en 1933, hace un estudio sobre los suelos holandeses. El contenido en yodo de suelos de origen marino es mayor que el de los suelos fluviales, probablemente debido al enriquecimiento por el plancton marino, con 108-114 gammas de yodo por kilogramo de sustancia seca. Con el tiempo, estos suelos pierden yodo por lavado y también por volatilización, incidentalmente se notó que ésta era muy rápida en algunas muestras. Suelos con humus acumulado procedente de plantas superiores están generalmente bien surtidos de yodo. Los suelos investigados contenían 3,6-36 libras de yodo por acre, hasta la profundidad arada, cantidad muy considerable comparada con 0,018-0,036 libras que se pueden suministrar por una normal aplicación de nitrato de Chile. La lluvia en Holanda suministra 0,032 libras por año y acre; por tanto, no hay necesidad de temer un empobrecimiento en yodo por el uso de nitrato sintético. Los suelos ricos en yodo producen cosechas ricas en yodo, pero no hay evidencia conclusiva de que el yodo sea necesario para el crecimiento de la planta.

Benson y Carter (23) publicaron análisis mostrando el contenido en yodo de suelos del oeste de Australia, Nueva Zelanda e islas adyacentes. El máximo contenido en yodo de seis suelos de Australia fué 9,6 p. p. m. Cinco muestras de suelo de islas cercanas, derivados de rocas basálticas, dieron alrededor de diez veces más yodo que el valor medio de los suelos de Australia.

Shore y Andrew (24) informaron del contenido en yodo de 65 suelos recogidos en varios distritos de la Isla Norte y de otras islas adyacentes al grupo de Nueva Zelanda. El máximo encontrado fué 24 p. p. m.; el mínimo, 1 p. p. m., y el medio, 8,22 p. p. m.

Orr y Leitch (24) declararon que la cantidad de yodo encontrado en suelos oscila de 0,6 a 6,0 p. p. m., aunque se pueden encontrar cantidades fuera de estos límites. Suelos de Inglaterra y Escocia, analizados en el Rowett Institute, contenían de 2,4 a 8,0 p. p. m. de yodo; dos suelos de Kenya contenían 3,0 y 3,5 p. p. m., y un suelo de las islas Malvinas contenía 24 p. p. m. Es bastante probable que el suelo de las islas Malvinas como el del grupo de Nueva Zelanda, que contenía una cantidad similar de yodo haya sido enriquecido por los excrementos y restos de grandes bandadas de pájaros marinos que habitan algunas islas y probablemente lo han hecho durante muchos años.

McHargue y Young (24) estudian el contenido en yodo de los suelos en el Estado de Kentucky, encontrando valores que oscilan entre 0,81 y 16,95 p. p. m., con promedios próximos a 4. p. p. m. para las distintas áreas estudiadas.

Itano y Tsuji (25) realizaron en 1934 estudios sobre el contenido en yodo de 112 muestras de suelo en el Japón, llegando a las siguientes conclusiones:

a) Una mayoría de los suelos contenían 1,0-3,0 p. p. m. y el 15,1 por 100 de los suelos contenían más de 10,0 p. p. m. La mayor cantidad de yodo fué 56,53 p. p. m., la menor 0,49 p. p. m., y el valor medio para todos los suelos fué 7,41 p. p. m.

b) Los suelos del período cuaternario viejo contenían mayor cantidad que los del cuaternario joven.

c) Los suelos arcillosos contenían la mayor cantidad de yodo, seguidos por el limo, arena y limo-arenoso, en este orden.

d) Los suelos de mayor pH contenían más yodo.

e) El tipo de cultivo también influye en el contenido en yodo.

Considerando los anteriores resultados en comparación con los datos reseñados por otros investigadores, los suelos del Japón, en general, contienen mucho más yodo que los de otros países.

Scharrer (26) analiza más de 200 suelos, principalmente en Baviera, alrededor de la mitad cultivados y la otra mitad suelos de prado o bosque. No apreció ninguna relación entre el contenido de yodo y el pH o la acidez total. Los suelos arenosos tenían el contenido menor, los arcillosos el mayor, pero los suelos de turba tenían una media mayor que éstos. En general, un mayor contenido en yodo se asocia con abundancia de coloides y de materia orgánica.

Balks (27) determina yodo en suelos, agua, espinacas y leche de Westphalia. El contenido en yodo de un buen número de minerales de los que originaban los suelos variaba de 6,420 p. p. m. a 0,425 p. p. m. con una media para 23 rocas de 1,450 p. p. m. Los materiales resultantes de la erosión de las rocas mostraron sin excepción un mayor contenido en yodo que el material original. El contenido en yodo de los suelos examinados variaba de 1,460 p. p. m. a 19,300 p. p. m. con una media de 3,765 p. p. m. Este contenido se consideró alto para la lluvia de este distrito. Una tierra de pradera con un contenido en humus 50 por 100 mayor que una tierra de cultivo, tenía un contenido en yodo un 25 por 100 mayor que esta última. No encontró relación entre el contenido de yodo en plantas y suelos. Estableció que la solubilidad del yodo era mayor en los suelos ligeros que en los compactos.

Smolik (28) da para 72 muestras de suelo en Checoslovaquia un contenido en yodo que oscila entre 0,2 y 6,5 p. p. m., con una media aritmética de 3,4 p. p. m. El yodo soluble en ácido clorhídrico era de 0,3-4,3 p. p. m. El máximo contenido de yodo en los perfiles del suelo parecía estar en la capa más superior. No encontró relación entre el contenido en yodo de los suelos y las rocas madres de las que se originaron.

El contenido total de yodo determinado por Hirai y Takagi (29) en 60 suelos vírgenes de los distritos medio y oeste del Japón, oscilaba entre 0,00 y 58,12 p. p. m., con una media de 19,94 p. p. m. La mayor cantidad de yodo que se encontró en los suelos arcillosos, disminuyendo en limos, limos arcillosos, limos arenosos y arenas. Los suelos de pH más alto, generalmente contenían más yodo. Si el contenido en humus era mayor, también lo era el contenido en yodo. Los suelos diluviales contenían la mayor cantidad de yodo, siguiéndoles en importancia los suelos de cenizas volcánicas. No se encontró ninguna relación entre el contenido en yodo y los contenidos totales de hierro, manganeso, calcio y titanio del suelo.

Frap y Fudge (30) determinan yodo en suelos de Texas. El contenido oscilaba entre 1,7 p. p. m. para «The Central Basin» y 11,3 p. p. m. para «The Edwards Plateau». Los suelos con textura compacta contenían más yodo que los no compactos. Las arcillas y limos arcillosos contenían la misma cantidad, pero los limos arenosos presentaban menos de la mitad y las arenas un quinto del yodo de las arcillas. Un alto contenido en yodo se encontró ordinariamente asociado con un alto contenido de caliza soluble en ácido y en mucho menos marcado y regular grado, con un alto contenido de ácido fosfórico total. En general el contenido de yodo del suelo aumenta con la profundidad. De

0-7 pulgadas encuentran 4,7 p. p. m.; de 7-14 pulgadas, 6,6 p. p. m.; de 14-24 pulgadas, 8,1 p. p. m. y de 24-36 pulgadas, 7,1 p. p. m. El contenido medio general de yodo en los suelos de Texas se encontró tan alto como en muchas otras regiones, y mayor que en las regiones afectadas por el bocio.

Balanescu (31) determinó el contenido en yodo de algunos suelos de Rumanía. Analizó la porción soluble y la insoluble en agua saturada con anhídrido carbónico. Especialmente encontró valores bajos en regiones donde el bocio es frecuente. La cantidad de yodo soluble fué considerablemente mucho mayor que la fracción insoluble.

Ergle (32) estudia el contenido en yodo de los suelos de Texas.

Mitchell (33) investiga la distribución del yodo en Carolina del Sur, con especial referencia a los tipos de suelo y rocas.

De acuerdo con McHargue, Young y Calfee (34), el contenido en yodo de suelos de seis áreas geológicas importante en Kentucky, varía de 0,81 a 19,95 p. p. m.

McHargue, Roy y Pelphrey han encontrado para la caliza de Kentucky 0,8 p. p. m. de yodo y para las rocas fosfatadas de Kentucky y Tennessee 6,7 y 5,5 p. p. m., respectivamente.

Un reconocimiento del contenido en yodo de suelos de Nueva Zelanda fué hecho por Hercus, Benson y Carter (33), dando de 0,2 a 20,0 p. p. m., según la situación. Von Fallenberg (33) encontró que el contenido en yodo de suelos de Suiza era de 0,62 a 11,9 p. p. m.

Von Fallenberg y Lunde (35) compararon el contenido en yodo de suelos con el de rocas de las que procedían, encontrando lo siguiente:

Roca madre	I en roca	I en suelo
Gneis... ..	0,38 p. p. m.	1,32 p. p. m.
Anfibolita	0,38 p. p. m.	3,15 p. p. m.
Dolomita roja... ..	1,00 p. p. m.	2,00 p. p. m.

Mitchell pone de manifiesto las grandes diferencias existentes en el contenido de yodo, lo que puede ser debido parcialmente a la forma en que se originaron los suelos. El material originario de los suelos en la región de Piedmont contiene bastante yodo, y en el proceso de formación del suelo la posibilidad de pérdida de yodo no era tan grande como en los suelos transportados. Una gran parte del suelo que se formó en las llanuras costeras fué transportado desde las tierras altas, y mucho yodo pudo perderse por oxidación. Es posible también que los suelos de las tierras altas tengan mayor poder retentivo para las sales de yodo,

resultando un lavado menos rápido que el que se verifica en suelos más arenosos.

La proporción media de yodo en los suelos de las tierras altas es 8,98 p. p. m. No hay gran variación en el contenido en yodo de 4 suelos individuales de las llanuras costeras. De las provincias de las llanuras costeras, los suelos «Sandhäll» tienen un contenido medio de 2,74 p. p. m.; las llanuras costeras superiores, 5,45 p. p. m.; las llanuras costeras medias, 4,25 p. p. m., y las llanuras costeras inferiores, 2,66 p. p. m.

Vinogradov (36) da el contenido en yodo de los suelos de la meseta de Rusia a lo largo del meridiano 49 de Norte a Sur, oscilando los valores entre 3,1 y 17 p. p. m.

Koprová (37) da resultados sobre yodo en suelos de Checoslovaquia. En suelos del distrito de Nymburk, donde existen gran variedad de tipos, el contenido varía de 0 a 9 p. p. m. Un alto contenido en yodo se encontró ordinariamente en suelos carbonato-húmicos del tipo de rendzinas. En los suelos de Darkovspa el contenido en yodo fué bajo, 2-3 p. p. m., con la excepción de seis muestras con un contenido muy alto, de 10-32, p. p. m.

Könlh (38) estudia el yodo en los suelos de Baden. Dice que el contenido en yodo varía ampliamente en pequeñas áreas. También dentro de los perfiles existen grandes diferencias en la proporción de yodo de los horizontes individuales. Se sospecha que la preparación del suelo, fertilización y la absorción diferente del yodo por las plantas, son factores decisivos en el contenido en yodo de los suelos.

Newton y Toth (13), en 1951, estudiaron el contenido en yodo de suelos y plantas del Estado de New Jersey.

Los suelos de New Jersey se encuentran en dos provincias geológicas: los planos de los Apalaches y los costeros. Los suelos de las provincias de los Apalaches están formados de materiales originarios constituidos por pizarra, gneis, granito, esquisto, caliza o limos. Los materiales originarios estuvieron ordinariamente sujetos a algún tipo de acción glaciaria. Los suelos de la provincia de los planos costeros son residuales y se han formado de grava arenosa, arenas y arenas conteniendo glauconita. Estudios sobre manganeso y boro han mostrado enormes variaciones en el contenido de estos elementos en los suelos de las dos provincias.

El contenido en yodo de suelos de las dos provincias muestra una amplia oscilación de valores. El contenido medio de yodo de 15 suelos de la provincia de los Apalaches fué de 5,00 p. p. m., y el de 9 suelos de la provincia de los planos costeros, 2,3 p. p. m. Los valores máximo y mínimo de la provincia de los Apalaches fueron 12,1 y 0,0 p. p. m., re-

gistrados en los suelos de Norton y Squires, respectivamente. Similarmente, en la provincia de los planos costeros, los valores fueron 4,7 y 0,0 p. p. m., registrados en las arenas de Colts Neck y Lakewood, respectivamente. Las amplias variaciones en el contenido en yodo están relacionadas con la naturaleza de los materiales originarios, de los que los suelos se formaron. Se ha observado que los suelos de los planos costeros tienen bajo contenido en yodo en comparación con los formados de rocas ígneas. Con la posible excepción de los limos de Squires y las arenas de Lakewood y Sassafras, todos los suelos ensayados parecen contener bastantes suministros de yodo para las normales necesidades de las plantas.

No encontraron ninguna relación entre el contenido de carbono y yodo del suelo. Dicen que el yodo del suelo se encuentra no solamente en los residuos orgánicos de las plantas, sino también en las formas inorgánicas.

Estudiaron la distribución del yodo en los perfiles de seis importantes suelos agrícolas. De los suelos, el Sassafras y el Collington, que están podsolizados, tienen una acumulación de yodo total en el horizonte B. El suelo de Rockaway también exhibe una tendencia con respecto a esta conducta. Los Norton, Washington y Palmyra, que están clasificados como suelos *endodimórficos*, mostraron una disminución del contenido en yodo con la profundidad. Aparentemente en el proceso normal de podsolización, el yodo, como el hierro, manganeso, aluminio y materia orgánica, se acumula en el horizonte B.

Un examen de los datos existentes sobre yodo en suelos muestra que los suelos ricos en yodo se distinguen de los pobres por la textura más compacta, mayor poder de retención de agua, contenido alto en coloides y humus, y reacción alcalina. Los suelos ricos en yodo se originan principalmente de rocas ígneas, y los pobres de sedimentarias. Las arcillas y turbas típicas contienen de 10-20 p. p. m.; los limos, 10, y las arenas, 1. Los limos rojos tienen, generalmente, un gran contenido en yodo, sugiriendo que el óxido férrico, pero no el ferroso, adsorbe el elemento fuertemente.

MÉTODOS

Hemos realizado un estudio sistemático de todos los factores que pueden influir en la determinación colorimétrica con almidón, así como de los procesos de extracción y destilación. Los detalles de este estudio pueden verse en (39); aquí nos limitamos a describir el méto-

do propuesto como consecuencia de estas investigaciones y que ha sido aplicado reiteradamente a todas las muestras que se describen en el apartado siguiente.

a) *Preparación de reactivos.*

Acido sulfúrico 1 N.

Hidróxido sódico 1 N

Solución saturada de permanganato potásico

Solubilidad: 4,95 por 100 a 15° C.

Nitrato sódico 1,5 M.

103,5 gramos/litro.

Solución de urea 5 M.

300 gramos/litro.

Solución de yodo patrón.

0,1308 gramos de yoduro potásico disueltos en un litro. Cuando 10 c. c. de esta solución se diluyen hasta un litro, cada c. c. de la solución resultante contiene una gamma de yodo.

Solución de almidón.

Dos gramos de almidón se convierten en una papilla con unos pocos c. c. de agua destilada y se vierten lentamente en constante agitación dentro de 800 c. c. de agua hirviendo. La ebullición se continúa durante quince minutos, y después de enfriar se agrega un gramo de ácido salicílico. Esta solución se debe preparar cada quince días.

Dicromato potásico 2 N.

98,07 gramos/litro.

Sal de Mohr 0,5 N.

196 gramos/litro.

Se agregan 20 c. c. de ácido sulfúrico concentrado por litro.

b) *Descripción del aparato destilador.*

Se monta con piezas normalizadas, siendo todas las conexiones de vidrio esmerilado. Consta de las siguientes piezas:

- I. Un matraz redondo de tres bocas, de 1.000 c. c. de capacidad
- II. Una bola Kjeldahl para retención de proyecciones.

- III. Un doble codo.
- IV. Un refrigerante Allihn (de bolas) de 30 cm. de longitud.
- V. Una alargadera para sumergir en la solución de hidróxido sódico.
- VI. Un embudo de decantación cilíndrico de 100 c. c. de capacidad.
- VII. Un tubo regulador de la presión.

c) *Digestión de la muestra con dicromato potásico en medio sulfúrico.*

Se colocan 5 gramos de suelo seco al aire y pulverizado, en el matraz de destilación de tres bocas y se agrega la cantidad de solución de dicromato potásico 2 N, calculada previamente mediante una determinación de materia orgánica, más un exceso de 10 y 50 c. c. de agua destilada. A continuación, a través del embudo de decantación, se agregan 120 c. c. de ácido sulfúrico concentrado, lentamente, ya que la reacción que tiene lugar es exotérmica; simultáneamente se agita con el fin de que el contenido del matraz sea en todo momento lo más uniforme posible. Con 20 c. c. de agua destilada se lava el embudo de decantación, y acto seguido se calienta en baño de arena a 112-115° C., durante dos horas, para favorecer hasta el máximo las reacciones que tienen lugar: destrucción de la materia orgánica y oxidación del yodo.

d) *Destilación.*

Se deja enfriar y se agregan poco a poco y agitando, 50 c. c. de agua destilada y 50 c. c. de una solución 0,5 N de sal de Mohr; después se lava el embudo con 20 c. c. de agua destilada. A continuación se destilan 100 c. c. de líquido, recogiendo el destilado sobre 10 c. c. de hidróxido 1 N. Hay que añadir unas cuentas de vidrio o porcelana porosa para evitar las ebulliciones tumultuosas.

e) *Desarrollo y medida del color.*

Al destilado en ebullición se agregan 0,5 c. c. de una solución saturada de permanganato potásico; la ebullición se continúa por cinco minutos. La solución se neutraliza y acidifica de tal forma, que el exceso de acidez corresponda a 1 c. c. del ácido sulfúrico 1 N. En este punto, si el permanganato se decolora, se añade más inmediatamente. Al cabo de dos minutos la solución se decolora completamente por adición de nitrito sódico 1,5 M, gota a gota, con intervalos de quince segundos, directamente a la solución y no a las paredes del vaso. La ebullición se continúa por cinco minutos y se agregan 0,3 c. c. de so-

lución de urea 5 M, para descomponer el exceso de nitrito. Las salpicaduras de la mezcla de permanganato, bióxido de manganeso y nitrito, son probables en este punto y deben ser evitadas. Las paredes del vaso se lavan con agua destilada. El contenido del vaso debe agitarse después de cada adición de agua destilada, para mezclar completamente la solución y separar el material adherido a las paredes. La calefacción se continúa por cinco minutos, y a continuación la solución se enfría a la temperatura ambiente y se transfiere a un matraz aforado de 50 c. c.

A la solución contenida en el matraz aforado de 50 c. c. se agregan 0,1 gramos de yoduro potásico disueltos en una pequeña cantidad de agua, la menor posible, y 5 c. c. de solución de almidón; se completa a 50 c. c. y se agita. Inmediatamente se mide la extinción en un colorímetro adecuado, utilizando cubetas de 1 cm. y el filtro amarillo número 606 (Ilford).

f) *Trazado de la curva patrón.*

En distintos Erlenmeyers de 250 c. c. se colocan cantidades crecientes de la solución patrón de yoduro potásico, conteniendo de 0 a 70 gammas de yodo, se agregan 10 c. c. de hidróxido sódico 1 N y se tratan como se ha descrito en e). Los valores obtenidos para la extinción se representan frente a las gammas de yodo correspondientes, después de haber restado el ensayo en blanco, obteniendo de esta forma la curva patrón.

g) *Observaciones.*

Debe evitarse la presencia de vapores de yodo en el laboratorio. El yoduro potásico ha de estar exento de yodo libre.

Para comprobar la pureza de los reactivos y la buena marcha de la operación, en cada serie de análisis se debe llevar un ensayo en blanco que debe dar lecturas muy bajas y aplicar la corrección correspondiente a las lecturas restantes.

OTRAS DETERMINACIONES

El análisis mecánico se ha hecho por el método de la pipeta, tomando fracciones que corresponden a la clasificación internacional. El carbonato cálcico se ha determinado con un calcímetro. El pH se ha

medido sobre suelo saturado con agua, utilizando electrodo de vidrio. La materia orgánica se ha determinado por el método propuesto por Schollenberger (39) (40), con algunas modificaciones.

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

En las páginas siguientes se presenta la descripción de las muestras sobre las que hemos trabajado, agrupadas en series, ya sea porque constituyen perfiles geológicos o edafológicos, ya porque tengan características muy semejantes o también por razón de proximidad.

Los resultados del análisis del yodo se dan en partes por millón (p. p. m.) sobre materia seca al aire.

Los resultados generales del análisis se dan en tantos por ciento sobre muestras desecadas al aire.

La descripción completa y los datos generales de análisis de las series 3 a 19, ambas inclusive, se han publicado en (41), (42), (43) con los siguientes números de serie: 1, 4, 5, 7, 9, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 26, 27, 30, 34 y 36, respectivamente.

Serie 1.

Serie de muestras superficiales, pertenecientes a suelos de cultivo, recogidas en las huertas de Pinedo (Valencia), y cuya localización es muy próxima al mar. La distancia hacia el mar oscila entre 100 metros para la muestra número 2, la más cercana, y 1.000 metros para la muestra número 6, la más alejada. La toma de esta serie de muestras se verificó en los primeros días de enero de 1957. Los cultivos predominantes en las parcelas, de las que fueron tomadas, eran alfalfa, zanahoria y gramíneas forrajeras.

Muestra	D. al mar	Mat. org.	CO ₂ Ca	pH	Yodo
1	700	3,3	30,3	7,3	4,20
2	100	3,1	23,6	7,2	5,60
3	150	4,0	25,5	7,1	5,10
4	200	3,2	28,7	7,3	3,40
5	600	4,3	28,3	7,1	5,25
6	1.000	3,7	30,1	7,3	4,50

Análisis mecánico

Muestra	P. desec.	A. gruesa	A. fina	Limo	Arcilla
1	2,1	28,7	17,3	15,6	31,8
2	1,8	50,3	7,6	14,6	23,8
3	1,9	49,5	9,8	12,0	23,9
4	1,7	51,1	9,6	12,0	22,7
5	2,3	32,9	11,0	22,6	31,4
6	2,6	17,8	15,3	28,0	37,0

Esta serie de muestras corresponde a suelos de cultivo, desarrollados sobre depósitos cuaternarios. Se ha observado por el análisis mecánico, que son ricos en arena y arcilla. La cantidad de arena gruesa disminuye conforme nos alejamos del mar; lo contrario sucede con la arcilla. Todos estos suelos tienen un pH muy parecido; ligeramente superior a 7. Su contenido en carbonatos es bastante notable, oscilando entre 23 y 30 por 100.

El contenido en materia orgánica es muy uniforme; oscila entre 3 y 4 por 100.

El contenido en yodo está comprendido entre 3,40 y 5,60 p. p. m. y es muy semejante en todas las muestras.

No se ha encontrado ninguna relación entre el contenido en yodo y la distancia del mar, ni tampoco con el contenido en arcilla y carbonatos. Si suprimimos la muestra número 2, podemos observar que el contenido en yodo aumenta al aumentar el contenido de materia orgánica.

Todas las muestras comprendidas en esta serie son muy semejantes.

Serie 2.

Serie de muestras superficiales pertenecientes a suelos de cultivo, recogidas en diferentes localidades de la provincia de Valencia.

Descripción:

Número 7.—Suelo tomado en la carretera de Valencia a Paterna, unos dos kilómetros antes de llegar a esta localidad. Distancia al mar: 7.400 metros. Cultivo de zanahoria.

Número 8.—Suelo, con gran número de conchas, tomado junto a la muestra 7. Cultivo de alfalfa.

Número 9.—Muestra de suelo tomada a la entrada de Paterna, junto al Regimiento de Artillería número 43. En algunos lugares aflora la roca. Distancia al mar: 9.400 metros. Cultivo de alfalfa y zanahoria.

Número 10.—Suelo tomado en la carretera de Valencia a Ademuz, unos dos kilómetros antes de llegar a Puebla de Vallbona. Distancia al mar: 22.100 metros. Cultivo de naranjos.

Número 11.—Muestra de suelo tomada a unos 300 metros de la playa de la Malvarrosa. Cultivo de patatas.

Número 12.—Suelo tomado en Puebla de Vallbona. Cultivo de patatas.

Número 13.—Suelo tomado en La Carrasca. Cultivo de patatas.

Muestra	D. al mar	Mat. org.	CO ₃ Ca	Yodo
7	7.400	2,4	36,0	4,80
8	7.400	2,5	34,8	4,80
9	9.400	4,6	53,8	12,45
10	22.100	1,4	35,6	10,80
11	300	2,4	31,6	3,80
12	—	3,8	33,8	5,45
13	—	2,2	32,4	3,25

Análisis mecánico

Muestra	P. desec.	A. gruesa	A. fina	Limo	Arcilla
7	1,5	29,6	28,1	13,2	24,9
8	1,3	38,2	29,1	12,9	18,0
9	2,1	12,8	33,4	25,9	24,4
10	1,6	11,1	57,1	9,6	20,8
11	0,9	63,0	8,9	9,4	16,6
12	2,3	8,2	23,0	30,5	37,4
13	0,9	52,1	19,2	10,1	15,6

Por el análisis mecánico se deduce que son materiales ricos en arcilla; conforme nos alejamos del mar, disminuye el contenido en arena

gruesa. Todos los suelos comprendidos en esta serie tienen un pH ligeramente alcalino. Tienen un contenido de carbonato bastante elevado, llegando en la muestra 9 a alcanzar un valor de 53 por 100.

El contenido en materia orgánica, es bastante uniforme en las muestras 8, 7, 13 y 11, que son las más próximas al mar. En las 10, 12 y 9 se halla influido por el tipo de cultivo, siendo muy pequeño si este es arbóreo, como ocurre con la muestra 10.

El contenido en yodo oscila entre 3,25 y 12,45 p. p. m., correspondiente a las muestras 13 y 9, respectivamente.

Se puede observar que por lo general, las muestras con un mayor contenido en arcilla y materia orgánica, son las que contienen más yodo.

Serie 3.

Arenas tomadas en los alrededores de Madrid.

Muestra	Naturaleza	Yodo
14	arena arcillosa	1,65
15	arena oscura	0,50
16	arena	0,65
17	arena oscura	0,75

Estas cuatro muestras corresponden a materiales arrastrados por las aguas y procedentes de granitos de la sierra. La muestra 14 es la única que tiene una cantidad notable de arcilla junto con algo de carbonato cálcico y una mayor proporción de hierro, y es precisamente la que da el mayor resultado para el yodo. La materia orgánica es muy baja en las cuatro muestras.

En general el contenido en yodo es pobre en las muestras con gran contenido de arena, siendo mayor en las muestras arcillosas.

Serie 4.

Serie de muestras tomadas a la entrada del Valle de Torija. Caliza de los páramos. Mioceno pontiense. (Guadalajara).

Muestra	Naturaleza	Yodo
18	suelo	19,25
19	roca	9,40
20	arcilla blanca	11,85
21	arena	2,55
22	arena cementada	2,10
23	roca	1,55

La muestra 18 corresponde al suelo superficial formado sobre las calizas. Por debajo de la roca se encuentra un material blanco pulverulento de unos 10 metros de potencia, del que se tomó la muestra 20. Inmediatamente debajo hay unas arenas compactas y rojas con vetas blancas de caliza; a él corresponden las muestras 21 y 22, tomadas a distinta profundidad. La muestra 23 es el mismo material, pero muy cementado, formando ya una roca.

La presente serie está formada por muestras muy heterogéneas. El contenido en arcilla es muy variable, de 9,2 por 100 a 36,9 por 100. El de carbonatos oscila entre 1,5 por 100 para la muestra 22, y 98,2 para la 19. El contenido en materia orgánica es muy pequeño o nulo.

Los valores obtenidos para el yodo son muy variables, oscilando entre 1,55 y 19,25 p. p. m. Se observa en general que la cantidad de yodo aumenta al aumentar las cantidades de arcilla, carbonato o materia orgánica. También se observa que el contenido de yodo en la roca es inferior al del material inmediatamente superior. De las dos rocas existentes en el perfil, es más rica en yodo aquella cuyo contenido en carbonatos es mayor.

Serie 5.

Serie de muestras tomadas en un depósito de arenas en explotación en el Valle de Torija, junto a la carretera.

Muestra	Naturaleza	Yodo
24	arenas con rayas oscuras	0,90
25	rayas oscuras	1,95
26	arenas	0,65
27	arcillas	0,60

En las muestras pertenecientes a esta serie hay un gran predominio de arenas. Contienen todas ellas cantidades muy semejantes de arcilla, carbonatos y materia orgánica, oscilando su pH entre 7,6 y 7,8.

Como consecuencia de ser muestras arenosas, su contenido en yodo es muy pequeño. Sin embargo, se encuentra una muestra, la 25, que tiene grandes cantidades de pirolusita y presenta al mismo tiempo una mayor acumulación de yodo.

Serie 6.

Muestras tomadas en la carretera antigua, Alcalá-Loeches.

Muestra	Naturaleza	Horizonte	Yodo
28	roca fresca	2 m.	8,30
29	roca alterada	2 »	3,25
30	arenas	5 »	0,60
31	arenas compactas	7 »	1,40
32	arcillosa	7 »	2,75
33	arcillo-micácea	7 »	8,90
34	arcillas	7 »	3,90
35	arcillas grises	8 »	4,45
36	arenas	15 »	1,05
37	arenas	15 »	0,50
38	arcillas compactas	15 »	2,20
39	arena roja	18 »	1,25
40	areno-micácea	22 »	0,55

Todas estas muestras están tomadas en puntos próximos, aprovechando cortes naturales del terreno. Las muestras 28 y 29 son fragmentos de rocas. La primera está formada por materiales frescos, poco alterados y de naturaleza silíceas, como lo demuestra el análisis químico, mientras que la segunda por ser predominantemente caliza presenta los fragmentos muy alterados. Las muestras 32, 33, 34 y 35 están formadas por materiales arcillosos que no se dispersaron para el análisis mecánico. La muestra 38 es una roca formada por estratos arcillosos muy compactos.

En general, hay una gran variación en cuanto a los valores de arcilla y carbonatos; el contenido en materia orgánica es insignificante, siendo su influencia nula.

Se observa que las muestras arcillosas son más ricas en yodo que las arenosas. La muestra 28, una roca fresca, contiene más yodo que la 29, una roca alterada.

Serie 7.

Serie de muestras tomadas a la salida de Guadalajara hacia Madrid.

Muestra	Naturaleza	Yodo
41	arena roja compac.	1,20
42	arena grisácea poco cementada	1,10
43	arcilla compacta	2,35

La presente serie está formada por muestras arenosas, con bajo contenido en arcilla y carbonato cálcico. No tienen materia orgánica. El pH oscila entre 6,9 y 7,6.

La muestra 42, con mayor proporción de arena gruesa, es la que menos yodo contiene. La compacidad hace que la retención de yodo sea mayor, pues impide su lavado por el agua; esto es lo que ocurre en la muestra 43.

Serie 8.

Muestras tomadas en Aranjuez, que forman un perfil geológico. Cuartenario.

Muestra	Naturaleza	Horizonte	Yodo
44	arenoso	20 cm.	1,55
45	arenoso	60-70 »	1,25
46	arenoso	100-110 »	1,70
47	material cementante	300 »	3,00
48	arenas	300 »	0,65
49	arcillas grises interc.	300 »	6,50
50	arcillas grises	350 »	3,60

La presente serie está formada por muestras con un alto contenido en arena gruesa y un contenido muy variable de arcilla. Poseen canti-

dades de carbonato que oscilan entre 0,0 por 100 en la muestra 35 y 37,4 por 100 en la 47, y que no influyen en el valor del pH. El contenido en materia orgánica es casi nulo y no interviene en el contenido de yodo.

Los valores obtenidos para el yodo son muy distintos unos de otros, alcanzando valores que van desde 0,65 p. p. m. en la muestra 48, y 6,50 p. p. m. en la 49. Los valores de yodo correspondientes a las muestras superficiales, son los más parecidos entre sí. En general se puede observar un cierto paralelismo entre los contenidos de yodo y arcilla, siendo las muestras con mayor contenido en arcilla las que contienen más yodo.

La muestra 47 es el material cementante de unas gravas, y está formado en su mayor parte por cuarzo, carbonato y arcilla; tal vez a esta arcilla se deba el contenido relativamente alto de yodo.

Serie 9.

Muestras tomadas en la parte cretácica de la zona de contacto cretácico-silúrico próxima a El Berrueco (Madrid).

Muestra	Naturaleza	Horizonte	Yodo
51	suelo	superf.	0,50
52	suelo	superf.	0,45
53	suelo	10 cm.	1,25
54	arenisca	—	0,50

La composición granulométrica varía muy poco de unas muestras a otras con un contenido en arcilla del 15 al 16 por ciento. El pH oscila alrededor de 7,7. El suelo contiene un 7 por 100 de caliza, mientras que la roca, una arenisca, presenta un 9,4 por 100. La materia orgánica decrece con la profundidad desde un 4 a un 3 por 100.

Estos materiales son pobres en yodo, presentando un horizonte de acumulación en la muestra 53, situada en contacto inmediato con la roca y debajo del horizonte húmico superficial.

Serie 10.

Muestras tomadas en la parte silúrica de la zona de contacto cretácico-silúrico en el mismo lugar de la serie anterior.

Muestra	Naturaleza	Horizonte	Yodo
55	suelo limoso	superf.	0,80
56	suelo are.-limoso	5 cm.	1,60
57	suelo are.-limoso	10 »	0,40
58	suelo vegetal	12 »	0,75
59	pizarra	150 »	0,65

La proporción de arcilla oscila entre 7 y 11 por 100, siendo la más arcillosa la muestra superficial. El pH resulta próximo a 7, y aunque la pizarra presenta unos indicios de carbonato cálcico, el suelo está exento de él. La materia orgánica crece hasta los 10 cm.

Este perfil es pobre en yodo, presentando un horizonte de acumulación a los 5 cm., en la capa inmediata al humus superficial.

Al comparar esta serie con la anterior se observa que en ambas el yodo está ligeramente enriquecido en el suelo con respecto a la roca. Ambas son pobres en yodo, aunque la parte silúrica presenta un conjunto ligeramente superior a la cretácica.

Serie 11.

Serie de muestras tomadas en Guisema (Tortuera, Guadalajara). Cretácico.

Muestra	Naturaleza	Yodo
60	arcilla roja	1,45
61	arcilla roja	1,00
62	humus	3,90
63	turba	23,25

Las dos primeras muestras son margas calizas con mucho óxido férrico, son muy arcillosas. El contenido en materia orgánica es casi nulo. Se observa un cierto paralelismo entre la proporción de yodo y la de arcilla; la muestra con mayor contenido en arcilla es la que tiene más yodo.

Las otras dos corresponden a materiales con mucha materia orgánica, por lo que cabe esperar un alto contenido en yodo. Así sucede especialmente con la muestra 30, que es una turba.

Serie 12.

Rendzina tomada en el cerro de Guisema (Tortuera, Guadalajara). Cretácico.

Muestra	Naturaleza	Horizonte	Yodo
64	suelo con humus	A 0-18 cm.	9,35
65	suelo con roca	AC 18-40 »	9,60

El contenido en yodo de las dos horizontes del perfil es muy semejante, ligeramente superior en el más profundo. Los valores obtenidos son muy altos; ello se debe al origen calizo del suelo, unido a una presencia de mucha arcilla y de materia orgánica.

Serie 13.

Muestras que forman un perfil completo en la Sierra de Urbasa.

Muestra	Naturaleza	Horizonte	Yodo
66	suelo	A ₀ -A ₁	1,25
67	suelo decolorado	A _c	0,50
68	suelo negro	Bh ₁	1,80
69	suelo pardo	Bh ₂	4,05
70	arena fina	C	1,50
71	arcilla verde	—	4,60
72	arena arcillosa	—	1,65
73	arena descalcificada	—	3,75
74	arenisca calcárea	—	2,25
75	arcillas	—	8,85
76	arcillas grises	—	1,00

Las cuatro muestras primeras corresponden a un suelo bien desarrollado sobre las arenas de las muestras 70 y con horizontes bien definidos. Las otras muestras están tomadas de sedimentos arcillosos o arenosos.

El yodo en el suelo se acumula en las muestras 68 y 69, en las que existe también acumulación de materia orgánica, de coloides férricos y de arcillas. La muestra 67 del horizonte de lavado, está también em-

pobrecido en yodo. El horizonte superficial contiene más yodo que el de lavado, debido a su mayor contenido de coloides orgánicos.

En los sedimentos inferiores, la mayor proporción de yodo corresponde a la muestra 75, que tiene gran cantidad de arcilla y algo de caliza. La cifra menor la da la muestra 76, correspondiente a unas arenas con muy bajo contenido de arcilla.

Serie 14.

Muestras tomadas en las Peñas de Urduliz (Vizcaya). Formación geológica: Eoceno continental. Es un Ranker formado sobre la arenisca.

Muestra	Naturaleza	Horizonte	Yodo
77	suelo	0-15 cm.	2,30
78	suelo	0-20 »	3,55
79	arcilla	0-20 »	8,60

En esta serie se nos presenta una muestra arcillosa que acumula gran cantidad de yodo, materia orgánica y hierro. Los suelos son también ricos en yodo; ello se debe a su alto contenido en materia orgánica. El pH de estos suelos es ácido, no conteniendo, por tanto, nada de carbonatos.

Serie 15.

Muestras que forman un perfil en la sierra de Vitoria (Alava). Formación geológica: Arenas y areniscas calcáreas del Maestrichtense (Cretácico superior).

Muestra	Naturaleza	Horizonte	Yodo
80	suelo	A ₀ -A ₁	0,95
81	suelo decolorado	A _e	0,50
82	suelo negro	Bh ₁	1,20
83	suelo pardo	Bh ₂	2,75
84	arena descalcificada	C	2,00

El presente perfil corresponde a un suelo bien desarrollado sobre las arenas de la muestra 84, y con horizontes bien definidos.

El yodo se acumula en las muestras 82 y 83, en las que existe también acumulación de materia orgánica, de coloides férricos y de arcillas. La muestra 81 del horizonte de lavado está también empobrecida en yodo.

El horizonte superficial contiene más yodo que el de lavado, debido a su mayor contenido de coloides orgánicos.

Serie 16.

Perfil de suelo tomado de Asón, Santander. Formación geológica: Cretácico.

Muestra	Naturaleza	Horizonte	Yodo
85	suelo	0-14 cm.	1,55
86	suelo	14-29 »	0,60
87	roca	—	0,45

La roca de naturaleza silícica es la que menor proporción de yodo tiene. En el suelo, bastante arenoso, el yodo se acumula en la capa superficial, que es la más rica en humus. El suelo correspondiente a este perfil es ácido, no contiene carbonatos.

Serie 17.

Serie de muestras tomadas cerca del Santuario de Urquiola (Vizcaya). Formación geológica: areniscas oligocénicas sobre la formación total cretácica.

Muestra	Naturaleza	Horizonte	Yodo
88	suelo con humus	0-15 cm.	7,10
89	suelo con humus	15-30 »	8,85
90	R. arenisca	25-30 »	1,85

Se observa una mayor acumulación en la muestra 89, correspondiente a una zona de mucha influencia biológica, siendo esta muestra la más arcillosa. También hay una gran acumulación en el horizonte superficial, el más rico en coloides orgánicos. La roca madre es más pobre en yodo que el suelo que sobre ella se ha desarrollado.

Serie 18.

Serie de muestras tomadas en Rigoitia (Vizcaya). Formación geológica volcánica.

Muestra	Naturaleza	Horizonte	Yodo
91	suelo con humus	0-12 cm.	2,55
92	suelo	12-24 »	3,40
93	roca	—	1,05

Suelo con mucha materia orgánica formado sobre roca silícica. La muestra superficial es la más rica en arcilla y materia orgánica. Se observa que el suelo es más rico en yodo que la roca sobre la que se ha formado. También tiene una gran proporción de hierro. El pH del suelo es francamente ácido.

Serie 19.

En esta serie se han agrupado unas muestras húmicas tomadas en diversos puntos en una excursión a Galicia.

Muestra	Localidad	Horizonte	Yodo
94	Fernada	3,5-25 cm.	16,00
95	Fernada	45-50 »	24,50
96	Monte Castelo	0-30 »	52,00
97	Balarés	0-75 »	13,00
98	Sanabria	superf.	6,08
99	Sanabria	0-30 »	6,25

La serie presente está constituida por muestras con un gran contenido en materias orgánicas; pertenecen a suelos desarrollados sobre rocas silíceas, sin carbonatos, y a clima húmedo.

Estas muestras presentan los niveles de yodo mayores encontrados, especialmente la muestra 96 con 52 p. p. m. La abundancia de materia orgánica rica en coloides activos puede explicar estas acumulaciones de yodo en estos suelos ácidos.

CONCLUSIONES

Los resultados de yodo obtenidos en todas las muestras estudiadas oscilan entre 0,40 y 52,00 p. p. m., distribuidos según se indica en la tabla siguiente :

Intervalo p. p. m. de I	Frecuencia %	Intervalo p. p. m. de I	Frecuencia %
0,00 — 0,99	22,2	7,00 — 7,99	1,0
1,00 — 1,99	25,2	8,00 — 8,99	5,1
2,00 — 2,99	9,1	10,00 — 10,99	3,0
3,00 — 3,99	11,1	11,00 — 11,99	1,0
4,00 — 4,99	7,1	12,00 — 12,99	1,0
5,00 — 5,99	4,0	13,00 — 13,99	1,0
6,00 — 6,99	3,0	> 13,99	5,1

En el contenido en yodo influye de forma decisiva el origen y la naturaleza de los materiales, habiendo observado que, en general, los coloides activos del suelo, tanto orgánicos como inorgánicos, actúan como acumuladores de este elemento, por lo que las muestras ricas en arcilla o en materia orgánica han dado resultados mayores.

También se ha notado que las rocas calizas contienen más yodo que las silíceas.

Dentro del perfil edáfico, el yodo se concentra en aquellos horizontes de mayor actividad biológica o más ricos en coloides activos.

Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal. Madrid.

RESUMEN

Dada la importancia biológica del yodo y siendo el suelo una de sus fuentes principales, queda justificado el interés de este trabajo.

Se hace una revisión bibliográfica de las principales aportaciones referentes a yodo en suelos.

Se describe el método utilizado para la determinación de microcantidades de yodo en suelos, que contiene algunas mejoras importantes con respecto a otros métodos anteriormente propuestos.

Se han estudiado muestras procedentes del centro, norte y levante de la Península, agrupadas en 19 series, que constituyen perfiles geológicos o edafológicos o formadas

por materiales análogos. Los resultados obtenidos oscilan entre 0,40 y 52,00 p. p. m., siendo el 56 % de los resultados inferiores a 3 p. p. m. En general las rocas calizas contienen más yodo que las silíceas, y dentro de las series se observa que las muestras con mayor proporción de arcilla o de materia orgánica son las más ricas en yodo.

STUDIES ON IODINE IN SOILS

S U M M A R Y

Owing to the biological importance of iodine and the soil being one of its principal sources, the importance and interest of the present work is well justified. We give a bibliographical revision of the principal contributions dealing with iodine soils.

We describe the method used for the determination of microquantities of iodine in soils and which contains some important improvements on other methods described formerly.

We have studied samples from the Centre, North and East of the Peninsula, grouped in 19 series which constitute geological or pedological profiles or are formed by similar materials. The results obtained vary between 0,40 and 52,00 p. p. m., 56 % of the results being below 3 p. p. m. In general, calcareous rocks contain more iodine than the siliceous ones and within the series we can observe that the samples containing a higher proportion of clay or organic matter are the richest in iodine.

B I B L I O G R A F Í A

- (1) Iodine and plant life. 1950. Chilean Iodine Educational Bureau. London
- (2) CHATIN, G. A. 1850. C. R. Acad. Sci., Paris. 30, 352-354.
- (3) BOURGET, P. 1899. C. R. Acad. Sci., Paris. 129, 768-770.
- (4) GAUTIER, A. 1899. C. R. Acad. Sci., Paris. 129, 189-194.
- (5) ADOPLH, W. H. y CH'EN, S. C. 1930. Chinese Jour. Physiol., 4, 437-447 (C. A., 1933, 27, 2186).
- (6) ADOPLH, W. H. y WHANG, P. C. 1932. Chinese Journ. Physiol., 6, 345-352 (C. A., 1933, 27, 2186).
- (7) RIBAS MARQUÉS, I. 1944. Ión, 4, 662-668.
- (8) STILES, W. 1953. Los vestigios de los elementos en las plantas y en los animales. Editorial S. A. E. T. A. Madrid.
- (9) BINNERTS, W. T. 1954. Nature, 174, 973-974.
- (10) McCLENDON, J. F. y GERSHON-COHEN, J. 1955. J. Agric. Food. Chem., 3, 72-73.
- (11) FISCHER, G. 1934. Dissertation, Jena University.
- (12) FELLEBERG, T. VON. 1924. Biochem. Z., 152, 116-190.
- (13) NEWTON, H. P. y TOH, S. J. 1951. Soil. Sci., 71, 175-179.
- (14) BUTLER, G. W. y HOHNSON, J. M. 1957. Nature, 179, 216-217.
- (15) RANKAMA, K. y SAHAMA, T. G. 1954. Geoquímica. Editorial Aguilar. Madrid.
- (16) CAUER, H. 1938. Biochem. Z., 299, 69.
- (17) EHMANN, E. A. 1931. Chemie der Erde, 6, 117-142.
- (18) MITCHELL, J. H. 1929. Science, 69, 650-651.
- (19) ADOPLH, W. H. y PROCHASKA, J. J. 1929. Jour. Amer. Med. Assoc., 92, 2.158-2.160.
- (20) BECK, J. y SCHLACHT, K. 1930. Z. Pflansenernähr. Düngung Bodenk, 18 A, 274-281.

- (21) KRUL, W. F. J. M. 1933 Ingenieur, 48 A, 216-219 (C. A. 1934. 28, 1127)
- (22) REITH, J. F. 1933. Z. Pflanzenernähr. Düngung Bodenk. 31 A, 215-224.
- (23) BENSON, W. N. y CARTER, C. L. 1927. Amer. Journ. Sci., 14, 39-47.
- (24) McHARGUE, J. S. y YOUNG, D. W. 1933. Soil. Sci., 35, 425-435.
- (25) ITANO, A. y TSUJI, Y. 1934. Proc. Imp. Acad. (Tokyo), 10, 524-527.
- (26) SCHARRER, K. 1935. Z. Pflanzenernähr. Düngung Bodenk, 39, 315-326.
- (27) BALKS, R. 1935. Landw. Jahrb., 81, 939-1.002.
- (28) SMOLIK, L. 1935. Sbornik. Ceskoslov. Akad. Zemedelské, 10, 36-44 (C. A. 1935. 29, 45013).
- (29) HIRAI, K. y TAGAKI, B. 1937. Bul. Sci. Fakultat. Tertltura, Tjusu Imp. Univ., 7, 245-253 (C. A. 1937. 31, 80939).
- (30) FRAPS, G. S. y FUDGE, J. F. 1939. Tex. Agr. Exp. Sta. Bul., 579, 5-25.
- (31) BALANESCU, S. 1939. Analele Inst. Cercerări Agron. Roumâniei, 11, 314-319 (C. A. 1943. 34, 45114).
- (32) ERGLE, D. R. 1940. Soil. Sci., 49, 361-367.
- (33) MITCHELL, J. H. 1941. Soil. Sci., 52, 365-371.
- (34) McHARGUE, J. S., YOUNG, D. W. y CLAFEE, R. K. 1935. Journ. Amer. Soc. Agron., 27, 559-565.
- (35) FELLEBERG, T. VON y LUNDE, G. 1926. Biochem. Z., 175, 162-171.
- (36) VINOGRADOV, A. P. 1945. Pedology (U. R. S. S.), 221, 35-36 (C. A. 1946. 40, 18931).
- (37) KOPPOVA, A. 1948. Sbornik. Geskoslov. Akad. Zemêdeláké, 21, 81-87 (C. A. 1950. 44, 69961).
- (38) KOHN, M. 1949. Z. Pflanzenernähr. Düngung. Bodenk, 45, 148-158.
- (39) GALLEGRO, R. y OLIVER, S. 1959. An. Soc. Esp. Fis. Quím. 55 (B), 153-162.
- (40) SCHOLLENBERGER, C. J. 1945. Soil. Sci., 59, 53-57.
- (41) GALLEGRO, R. y JOLÍN, T. 1958. Anal. Edaf., XVII, 341-359.
- (42) GALLEGRO, R. y JOLÍN, T. 1958. Anal. Edaf., XVII, 361-385.
- (43) GALLEGRO, R. y JOLÍN, T. 1958. Anal. Edaf., XVII, 439-455.

NORMAS PARA LA COLABORACION EN «ANALES DE EDAFOLOGIA Y FISIOLOGIA VEGETAL»

1.^a *Envío*.—Los trabajos que se remitan para su publicación en ANALES DE EDAFOLOGIA tendrán que ceñirse exactamente a las normas contenidas en los siguientes apartados, debiendo ser enviados a la Secretaría de la REVISTA para su registro.

2.^a *Título*.—El título de los trabajos deberá ser muy preciso, reflejando claramente su contenido. Seguidamente se indicará nombre y apellidos de los autores, Centro donde ha sido realizado y fecha de envío a la REVISTA.

3.^a *Resumen*.—Obligatoriamente los artículos deberán ir acompañados por un breve resumen, que con toda claridad señale el objeto del trabajo realizado, algún detalle experimental, si es fundamental para la correcta interpretación de los resultados y las conclusiones obtenidas. Este resumen debe efectuarse en castellano, y añadirse la traducción al francés, inglés o alemán.

4.^a *Redacción del texto y presentación*.—Se procurará que la redacción sea lo más concisa posible. Los trabajos deberán escribirse a máquina, a doble espacio y por una sola cara. Los autores podrán indicar —por si puede atenderse— el tamaño de la letra en la que crean conveniente se realice la impresión.

5.^a *Bibliografía*.—La bibliografía deberá reducirse a la verdaderamente indispensable que tenga relación directa con la investigación efectuada, evitándose los comentarios extensos sobre las referencias mencionadas.

Dichas referencias se incluirán siempre a la terminación del trabajo, numeradas correlativamente y ordenadas por orden alfabético de apellidos de autores. En cada cita se consignarán, en este orden, los datos siguientes:

Apellidos e iniciales del autor. Año de la publicación a que se refiere la cita-título del trabajo citado. Nombre de la publicación —abreviada de acuerdo con las normas internacionales—, en cursiva, y tomo y páginas a que se refiera la nota.

Para efectuar la referencia de un libro se indicarán los siguientes datos: Apellido e iniciales del autor. Año de la edición. Título en idioma original. Tomo. Edición. Población (todo ello en forma similar a las citas de revistas).

6.^a *Tablas, gráficos y fotografías*.—Salvo excepciones, no deberán emplearse de forma simultánea tablas y gráficos.

El número de gráficos deberá limitarse todo lo posible. En general se recomienda la yuxtaposición de curvas que puedan ser referidas al mismo sistema de ejes coordenados.

El número de fotografías deberá igualmente limitarse, enviando sólo las que realmente—teniendo en cuenta la reproducción— sean útiles, claras e ilustrativas.

Los gráficos y dibujos vendrán dibujados sobre papel vegetal y con tinta china. En la publicación tendrán una anchura de 12 o de 6 cm., o sea, la correspondiente a una o media anchura de plana de nuestra publicación. Los autores deben señalar el tamaño que desean para sus gráficos o dibujos, y tener en cuenta que las escalas de reducción más convenientes son de 2 a 1 y de 3 a 1. Los rótulos y signos de los mismos deberán ser de tal tamaño que su altura, una vez reducida, no sea inferior a 1,5 mm.

Cada gráfico deberá acompañarse de un número de orden, reproducido en el texto. En éste, se indicará el lugar aproximado de colocación de cada uno. Los pies de gráficos y dibujos, escritos a máquina, se enviarán en papel aparte.

Para las fotografías servirán observaciones similares.

7.^a *Fórmulas y expresiones matemáticas.*—En unas y otras debe procurarse la máxima claridad en su escritura, procurando emplear las formas más reducidas o que ocupen menos espacio, siempre que ello no entrañe riesgo de incompreensión.

8.^a *Caracteres de imprenta.*—Se ruega a los autores señalen en sus originales los estilos de los caracteres de imprenta que deban emplearse, de la manera siguiente:

Subrayar con una línea	_____	las palabras en cursiva.
Subrayar con dos líneas	=====	las palabras en versalitas.
Subrayar con tres líneas	=====	las palabras en versales.
Subrayar con una línea	~~~~~	las palabras en negrita.
Subrayar con una línea discontinua	- - - - -	las palabras espaciadas.

9.^a *Pruebas.*—Deberán devolverse, debidamente corregidas junto con el trabajo original, en el plazo de ocho días a partir de la fecha de envío. Pasado este plazo sin recibirse, el trabajo perderá su turno de publicación. En la corrección de pruebas no se admitirán modificaciones del texto original. Si el autor desea hacer alguna alteración del texto original que suponga gastos adicionales de impresión, éstos le serán facturados a precio de coste.

10. *Separatas.*—De cada trabajo se entregarán gratuitamente al autor 25 separatas. A petición de éste—hecha constar por escrito en la cubierta del original—podrán servirsele, a su cargo, las que desee.

11. *Examen de manuscritos.*—Los trabajos, una vez recibidos, pasarán a la Comisión de Publicaciones para informe.

OTRAS REVISTAS DEL PATRONATO «ALONSO DE HERRERA»

Anales de la Estación Experimental de «Aula Dei».—Revista dedicada a la publicación de trabajos originales sobre investigación agrícola y problemas biológicos relacionados con la misma. Publicada por la Estación Experimental de «Aula Dei», Zaragoza.

Cada volumen, excepto vol. I, contiene unas 300 páginas, distribuidas en cuatro números, que se publican a intervalos irregulares.

Ejemplar, 40 pesetas. Suscripción, 120 pesetas.

Anales del Instituto Botánico «A. J. Cavanilles».—Publicación del Instituto «Antonio J. Cavanilles».

Publica trabajos y notas científicas que abarcan todos los campos de la Botánica. Ejemplar, 110 pesetas. Suscripción, 100 pesetas.

Archivos de Zootecnia.—Recoge los trabajos de investigación del Departamento de Zootecnia, dedicado a la industria ganadera.

Trimestral. Ejemplar, 30 pesetas. Suscripción, 100 pesetas.

Collectánea Botánica.—Publicación del Instituto Botánico de Barcelona.

Dedicada a la Botánica en general, viene a ser un órgano exterior de la actividad del Instituto Botánico de Barcelona, elemento de enlace con los demás centros de investigación.

Publica trabajos sobre las distintas disciplinas de la Botánica: sistemática, florística, fitosociología, fisiología, micología, briología, algología, etc.

Dedica una parte a reseñas bibliográficas y a la información.

Semestral. Ejemplar, 45 pesetas. Suscripción, 90 pesetas.

Farmacognosia.—Publicación del Instituto «José Celestino Mutis».

Esta revista está dedicada al estudio de los problemas de Farmacognosia, siendo sus finalidades, una, propiamente científica, que trata de botánica, análisis químico, experimentación fisiológica y clínica, y otra de orden práctico, relativa al cultivo y recolección de materias primas idóneas, no sólo para la Medicina, sino para la Dietética y la Industria.

Trimestral. Ejemplar, 25 pesetas. Suscripción, 80 pesetas.

Genética Ibérica.—Publicación del Laboratorio de Citogenética del Instituto «José Celestino Mutis».

Publica trabajos sobre Citología, Citogenética y Genética de los diversos materiales que constituyen el tema específico de investigación en los distintos Centros colaboradores de la revista, en España y Portugal, y los relacionados con la mejora de las especies vegetales que interesan en la Farmacognosia.

Trimestral. Ejemplar, 20 pesetas. Suscripción, 70 pesetas.

Microbiología Española.

En esta revista aparecen originales microbiológicos españoles y extranjeros, siendo el órgano de publicación de los trabajos leídos en las reuniones de la Sociedad de Microbiólogos Españoles y de los efectuados en el Instituto «Jaime Ferrán» de Microbiología.

Trimestral. Ejemplar, 30 pesetas. Suscripción, 110 pesetas.

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
ANALES DE EDAFOLOGIA Y FISIOLÓGIA VEGETAL

TOMO XVIII Núm. 3 ANALES DE FISIOLÓGIA Y BIOLOGÍA MARZO 1959